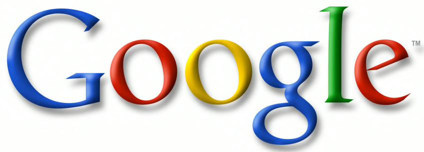
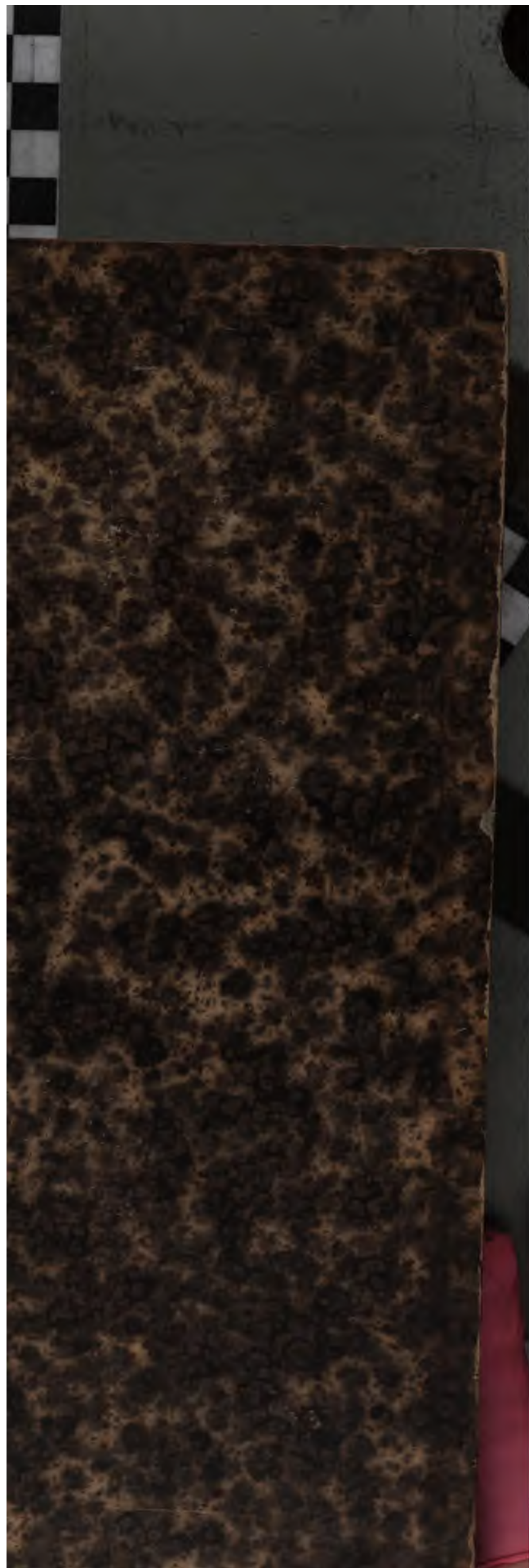
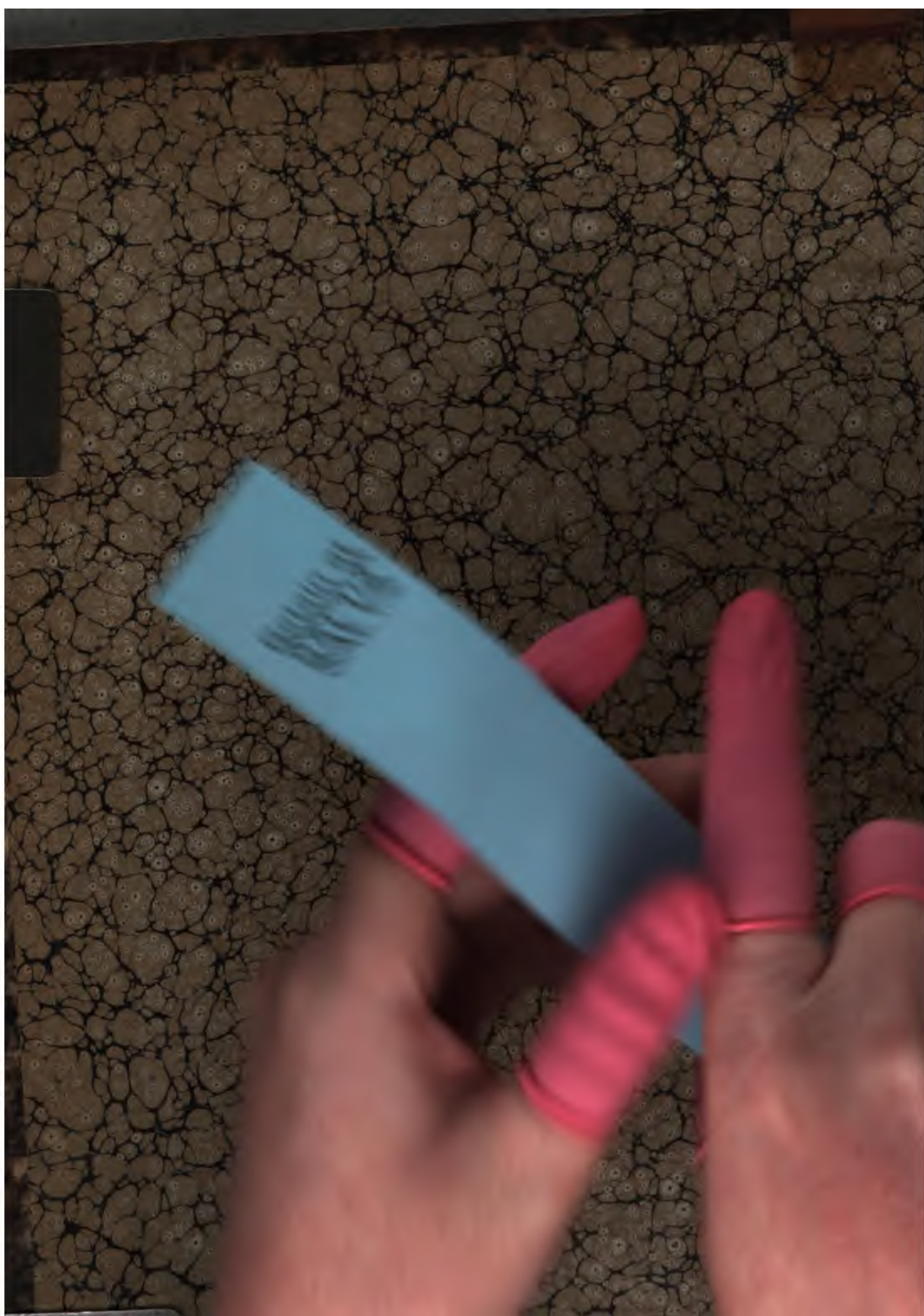







Broken /

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

COLLÉGE DE FRANCE
MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE — SORBONNE — ÉCOLE DE PHARMACIE
FACULTÉ DE MÉDECINE — SOCIÉTÉS SAVANTES
FACULTÉS DES DÉPARTEMENTS — UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES
SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE ET DES VILLES DE PROVINCE
CONFÉRENCES LIBRES

Avec 179 figures intercalées dans le texte

DIRECTION : MM. EUG. YUNG ET EM. ALGLAVE

SIXIÈME ANNÉE

PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR
17, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17

Londres | New-York
Hipp. Baillière, 219, Regent street. | Baillière brothers, 440, Broadway.

Madrid
C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DE TOPETE, 16.

1868-1869

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE NUMÉRO 1 5 DÉCEMBRE 1868

LES TENDANCES DES VÉGÉTAUX (1)

Verticalité des tiges. — La tige tend à s'élever en sens inverse de la direction que la pesanteur imprime aux corps qui tombent; si sa faiblesse la contraint de céder à son propre poids et de se coucher sur le sol, elle manifeste encore sa tendance naturelle, au moins pendant quelque temps, à son extrémité ou dans ses ramifications. Les hypothèses par lesquelles on a voulu expliquer cette direction ascendante, même celle de Knight, à laquelle de Candolle a donné son assentiment complet, et qui rattache à la seule action de la gravité la marche inverse de la tige et de la racine, n'ont pu donner encore la solution de ce problème difficile. Toutefois il existe des tiges dans lesquelles on voit une contradiction complète à la loi qui régit toutes les autres, puisqu'elles se dirigent, non de bas en haut, comme celle-ci, mais de haut en bas. Déjà, dans son mémoire intitulé *De la direction opposée des tiges et des racines* (*Mémoires pour servir, etc.*, II, p. 1-59, 1837), Dutrochet avait cité, comme offrant des exemples de ce fait singulier, différentes plantes aquatiques, notamment des *Carex*, la Fléchière (*Sagittaria*), le *Sparganium*, etc.; plus tard, il a joint à cette liste une plante terrestre, l'*Epilobium molle* Lamk, qui, sous les influences réunies d'une abondante humidité et de la privation de lumière, peut diriger certaines de ses pousses de haut en bas, dans une longueur de quelques centimètres.

Dutrochet, qui avait proposé une théorie complète pour expliquer mécaniquement la direction ascendante des tiges et descendante des racines, n'a pas manqué de faire l'application de ses idées au cas particulier que venait de lui offrir l'Épilobe. Cette théorie consiste, comme on le sait, en ce que le cylindre plein et central constitué par la moelle, ayant ses cellules décroissantes en ampleur du centre vers la circonférence, tendrait à se courber vers l'extérieur de l'organe, de manière, par conséquent, à diriger sa concavité en dehors; au contraire, l'enveloppe cellulaire, ayant ses cellules plus petites à sa limite interne qu'à l'externe, ou décroissantes de dehors en dedans (ce qui n'est pas toujours rigoureusement exact), tendrait constamment à s'arquer en sens inverse du premier, c'est-à-dire à former un arc dont la concavité regarderait le centre de la tige. « Ces deux systèmes, dit-il, s'ils sont égaux en volume, se font équilibre; s'ils sont inégaux, c'est le plus volumineux qui l'emporte en puissance d'incurvation. » Sous ce rapport, la prédominance de la moelle entraînerait la direction de bas en haut, comme dans la généralité des tiges, et celle de l'enveloppe cellulaire déterminerait la direction de haut en bas, comme dans les racines et dans les rares tiges descendantes.

Ces deux conséquences semblent au moins difficiles à comprendre et à admettre. D'ailleurs, dans un axe végétal dirigé bien verticalement, lors même que l'un de ces deux ressorts antagonistes aurait la prédominance, il ne pourrait modifier la direction, parce qu'il agirait également sur toute sa périphérie, et que dès lors, aux extrémités de chaque diamètre, se produiraient deux efforts égaux et contraires qui se détruiraient; mais, suppose Dutrochet, pour peu que ce même axe dévie de la verticale (par une cause qu'il oublie d'indiquer), » la partie la plus dense de la séve tombera dans le côté inférieur du caudex végétal, dans ses méats inter-utriculaires; » la séve la plus aqueuse restera dans le côté supérieur. » ... N'est-il pas évident que l'endosmose aura plus d'action » au côté supérieur du caudex végétal, couché horizontalement, qu'à son côté inférieur, puisque la séve extérieure » aux utricules sera moins dense au côté supérieur qu'au côté » inférieur?... Ce sera donc le côté supérieur de chaque » système qui l'emportera en force d'incurvation sur le côté » inférieur... Si c'est le système cortical qui est le plus volumineux, sa partie latérale supérieure agira seule... et, » comme la concavité de sa courbure sera dirigée vers la » terre, il courbera le caudex dans cette direction. Si c'est le » système central qui a le plus de volume, sa partie latérale » supérieure manifestera seule sa force d'incurvation... et, » comme la concavité de sa courbure sera dirigée vers le ciel, » il courbera le caudex entier dans cette direction. » Malheureusement pour le triomphe de son hypothèse, en admettant même comme démontrées les tendances inverses d'incurvation dans les deux masses cellulaires du centre et de la périphérie de l'axe, Dutrochet a oublié de prouver, ce qui aurait été du reste assez difficile, que dans deux côtés opposés d'une même tige la séve peut différer de densité; il n'a pas montré non plus que dans la tige la moelle l'emporte toujours en volume sur le parenchyme cortical; même, après avoir basé son système sur la structure qui caractérise la tige des Dicotylédones, il en a cherché l'application presque uniquement (l'Épilobe seul excepté) chez des Monocotylédones (*Sagittaria*, *Spaganium*, *Typha*, *Carex*), qui offrent à cet égard une différence considérable. Au total, cet essai d'explication des tendances inverses de la tige et de la racine doit être regardé seulement comme une hypothèse ingénieuse, mais fondée sur des erreurs anatomiques aussi bien que physiologiques.

D'autres exemples de tiges qui, du moins partiellement, se

(1) Cet article est extrait d'un rapport de M. Duchartre au ministre de l'instruction publique sur les progrès de la botanique physiologique en France depuis vingt-cinq ans.

dirigent de haut en bas, ont été signalés par M. Germain de Saint-Pierre et par M. Lagrèze-Fossat. Le plus remarquable est certainement celui que présente le Liseron des haies (*Calystegia sepium* R. Br.). Dans cette plante, outre les rameaux qui s'élèvent en s'enroulant autour des corps voisins, il en est d'autres qui se couchent sur le sol dans une assez grande longueur, sans fleurir comme le font les premiers, et qui, vers le mois de septembre, quand arrivent les pluies, recourbent leur extrémité pour l'enfoncer dans la terre, où, en s'épaississant, elle va former une sorte de tubercule allongé, que le premier des deux botanistes dont on vient de voir le nom appelle *bulbo-tubercule*. Pendant l'hiver, il ne survivra que ce corps souterrain, qui, au printemps suivant, développera ses bourgeons, produira des racines, et donnera ainsi une nouvelle plante.

Une déviation de la tendance caractéristique se montre chez quelques Légumineuses et s'accompagne de singulières particularités d'organisation, surtout chez le *Vicia amphicarpa*, dont M. J.-H. Fabre a fait une étude attentive. A sa germination, cette plante produit une tige qui ne dépasse guère un décimètre de hauteur, et qui, une fois développée, émet des rameaux au niveau du sol, puis se dessèche. Ces rameaux sont de deux sortes : les uns s'élèvent dans l'air, chargés de feuilles et de fleurs normales, n'offrant donc rien de particulier; au contraire, les autres naissent, pour la plupart, de la base des premiers, par conséquent plus tard que ceux-ci; ils s'étendent dans la terre, et ils restent blancs, irréguliers, un peu tortueux; ils portent des feuilles très-petites, mais bien conformées, et, vers leur extrémité, deux ou trois fleurs axillaires que leur situation souterraine retient dans un état de développement assez imparfait, la corolle y restant cachée à l'intérieur d'un calice qui ne s'ouvre point. Toutefois, contrairement à ce qu'avaient dit plusieurs botanistes, ces fleurs souterraines ont leurs organes reproducteurs bien conformés, et la fécondation de leur pistil s'opère sous terre, de manière à donner naissance à de bonnes graines. L'expérience a prouvé à M. Fabre qu'en amenant à l'air et au jour ces rameaux hypogés, on détermine le développement normal de leurs petites fleurs, et que réciproquement, si l'on enterre les rameaux destinés à rester aériens, on oblige leurs fleurs à rester dans l'état qui caractérise celles dont la situation naturelle est souterraine.

Une autre particularité remarquable constatée par M. Fabre, c'est que de la base des principaux rameaux aériens du *Vicia amphicarpa* naissent des ramifications plus petites et plus faibles, dont quelques-unes vont s'enfoncer dans le sol et sont dès lors privées de la tendance à s'élever qui caractérise les tiges en général. On voit également cette tendance normale abolie chez d'autres plantes, en particulier dans quelques Légumineuses qu'on pourrait appeler enterreuses, car, après avoir fleuri à l'air, elles recourbent plus ou moins brusquement leur pédoncule pour enfoncer leur ovaire fécondé dans la terre où il doit se développer en fruit parfait. Ces faits curieux au plus haut degré semblent bien difficiles à faire cadrer avec les hypothèses basées sur une action mécanique, par lesquelles on a essayé d'expliquer les directions naturelles des organes.

Tiges volubles. — Il existe une assez nombreuse catégorie de plantes chez lesquelles la tige, s'allongeant beaucoup sans acquérir une épaisseur ni une rigidité proportionnées, se trouve par cela seul dans l'impossibilité de prendre d'elle-même la direction que lui imprimerait sa tendance naturelle à s'élever. Souvent alors, cédant à son poids, elle traîne sur la terre ou sur les corps voisins; assez souvent aussi elle s'appuie, pour s'élever, sur les divers objets qu'elle trouve à sa portée, et s'y fixe même par des moyens dont la variété révèle, dans différentes espèces, des aptitudes et des tendances toutes particulières. Le plus surprenant de ces moyens consiste à contourner en spirale, autour de corps étrangers d'une épaisseur peu considérable, soit la tige elle-même, qui peut ainsi atteindre parfois jusqu'à la cime des arbres, soit des filets destinés spécialement à cet usage, qu'on a nommés justement des *mains* ou *vrilles*, et qui ne sont pas autre chose que des organes de nature diverse plus ou moins modifiés dans leur manière d'être habituelle, ou même complétement transformés.

Les physiologistes ont porté toute leur attention sur cette aptitude qu'ont les vrilles et les tiges, dites pour cela *volubles*, de s'enrouler autour d'un appui, c'est-à-dire sur le *volubilisme*, comme on peut l'appeler dans sa généralité. En Allemagne, Palm, M. Hugo von Mohl en ont fait, dès 1827, l'objet de deux mémoires étendus; en Angleterre, M. Ch. Darwin y a trouvé récemment (1865) la matière d'un grand travail rempli d'observations attentives et de faits intéressants. Ce qui va suivre montrera que, de leur côté, les botanistes français de notre époque ne sont pas restés en arrière sous ce rapport, et même que l'un d'eux a eu le mérite de découvrir une particularité curieuse qui accompagne le volubilisme, sans toutefois s'y rattacher toujours nécessairement.

En effet, Dutrochet ayant eu l'idée de semer et tenir ensuite dans son cabinet des Pois (*Pisum*), plante non voluble, mais grimpante au moyen de vrilles, afin de pouvoir les observer presque continuellement, s'aperçut que la feuille située dans le haut de la jeune tige, et qui semblait même, au premier coup d'œil, la terminer, exécutait des mouvements spontanés fort lents, et qui lui parurent indépendants de l'action de la lumière. Des indicateurs fixes lui permirent de reconnaître que le sommet du pétiole de cette feuille décrivait en l'air une courbe ellipsoïde, et bientôt il constata que l'entre-nœud même de la tige d'où partait cette feuille non-seulement participait à ce mouvement révolutif, mais encore en était le principal agent. Ce fut pour lui le point de départ d'une suite d'observations attentives qui lui révélèrent les différentes circonstances de ce curieux phénomène.

Le mouvement révolutif fait marcher les parties qui l'exécutent selon un cône renversé, ou plus exactement selon un solide conoïde à faces concaves dont le sommet se trouve à la base de l'entre-nœud, et dont la base est tracée par le chemin que suit le bout supérieur du pétiole. L'axe de ce mouvement n'est point vertical, mais incliné vers la fenêtre d'où la lumière arrive, et la base du conoïde est inclinée dans le même sens. L'ellipse formée par cette base a son grand axe parallèle à la fenêtre et horizontal, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction dans laquelle arrive la lumière. La condition organique nécessaire pour que ce mouvement ait lieu, c'est une mollesse de tissu assez grande pour laisser une grande flexibilité aux parties qui l'exécutent; Dutrochet explique ainsi pourquoi il s'opère toujours à l'ombre, mais non au soleil, où une plus grande activité végétative raffermit promptement les tissus, et encore pourquoi la jeunesse de ces mêmes parties est également indispensable. La chaleur a, d'un autre côté, une influence considérable sur la rapidité du mouvement révolutif. Par une

température de + 24° c. une révolution entière a été effectuée en 1 heure 25 minutes, et le grand axe de la base du conoïde engendré mesurait environ 10 centimètres d'étendue; à + 16° c., il a fallu 2 heures 45 minutes; à + 11° c., jusqu'à 4 heures 15 minutes; enfin, à + 6°, en moyenne, 9 heures 15 minutes, et même 11 heures, le grand axe de l'ellipse parcourue se trouvant réduit alors à 8 centimètres environ de longueur.

Quant à l'influence de la lumière, Dutrochet l'a constatée de deux manières qui semblent peu concordantes, on pourrait même dire, avec quelque raison, contradictoires. Les rayons directs du soleil, même seulement une lumière diffuse très-vive arrête le mouvement révolutif, et agit dès lors défavorablement sur le phénomène; au contraire, quand ce même mouvement s'effectue à la lumière diffuse ordinaire, l'intensité lumineuse agit comme une cause accélératrice, et cela d'une façon tellement prononcée, que, dans le cas où la révolution entière s'est opérée en 1 heure 25 minutes, la moitié qui amenait l'entre-nœud en mouvement de la fenêtre vers le fond moins éclairé du cabinet a duré 1 heure, tandis que les 25 minutes restantes ont suffi pour la seconde moitié qui ramenait la même partie vers la fenêtre; de même, dans une révolution qui a duré 3 heures 55 minutes, les deux demi-révolutions analogues ont duré, l'une 2 heures 20 minutes, l'autre 1 heure 35 minutes seulement. — Ces diverses observations ont été récemment confirmées et étendues à un grand nombre d'espèces différentes par M. Ch. Darwin; mais Dutrochet a eu le mérite d'ouvrir cette voie inexplorée jusqu'à lui.

La cause du mouvement révolutif qu'exécutent les parties jeunes de la tige est très-difficile à déterminer. Dutrochet pense qu'elle consiste dans une force interne, inhérente à la plante, et dont la manifestation, rendue facile par certaines circonstances, est entravée ou même totalement arrêtée par d'autres. Ainsi rien de mécanique ni de purement physique ne lui semble pouvoir être invoqué comme amenant l'accomplissement de ce merveilleux acte vital, et il nous paraît assez naturel de partager ses idées à cet égard.

Existe-t-il un rapport direct entre le mouvement révolutif des tiges et l'enroulement en spirale dont plusieurs d'entre elles sont susceptibles? Cette question se présente naturellement à l'esprit, et elle a été discutée par Dutrochet dans un mémoire qui a trait spécialement au volubilisme. Il résulte d'abord des recherches de ce physiologiste, et des observations plus récentes ont pleinement confirmé cette donnée, que le mouvement révolutif existe dans la partie supérieure encore jeune des tiges volubles en général, et qu'il s'y produit toujours dans le même sens que l'enroulement; mais il ne s'ensuit pas pour cela que la liaison soit nécessaire entre ces deux phénomènes, comme l'a déjà montré l'exemple du Pois, dont les entre-nœuds jeunes présentent nettement le premier, tandis que la tige qu'ils constituent n'est nullement voluble. De même les vrilles de la Bryone et du Concombre ne montrent un mouvement révolutif que dans les premiers temps, et alors elles ne s'enroulent pas en spirale permanente un peu plus tard seulement, elles se contournent en spirale, et alors leur courbure, une fois formée, ne s'efface plus. En second lieu, les tiges volubles ne se bornent pas à se contourner autour des corps qu'elles embrassent; elles se tordent encore sur elles-mêmes en spirale, et le sens de leur torsion est le même que celui du mouvement révolutif effectué par leur sommet, le même encore que celui dans lequel elles s'enroulent. Une autre relation remarquable signalée par Dutrochet résulte de ce que la spirale tracée sur ces tiges par la série des points d'insertion des feuilles qu'elles portent est encore dirigée dans le même sens que le mouvement révolutif. De là ressort naturellement la conséquence formulée par lui que la même force vitale a pour manifestations quatre phénomènes concordants : le mouvement révolutif visible seulement dans les entre-nœuds jeunes, l'enroulement de la tige et des vrilles en spirale autour des supports, la torsion des tiges sur elles-mêmes, enfin la disposition hélicoïdale des feuilles. Toutefois il importe de faire observer que la concordance entre ces quatre phénomènes n'existe pas toujours, puisqu'on voit souvent, par exemple, une tige se tordre dans un sens inverse de celui selon lequel elle s'enroule, bien plus, que la direction n'en est pas toujours invariable sur une seule et même tige.

Comment cette force intérieure produit-elle ces différents phénomènes? La réponse à cette question ne pouvait guère être déduite des faits; Dutrochet l'a cherchée dans une hypothèse. Il a supposé que l'action vitale imprime aux liquides du végétal un mouvement en spirale qui se communique ensuite aux solides, et qui, en dernière analyse, amène la spiralisation, s'il est permis de s'exprimer ainsi, sous ses diverses formes. On voit qu'il n'y a guère plus de motifs pour admettre que pour rejeter de pareilles hypothèses; il semble même que la science ne peut gagner à des explications de ce genre, qui reposent bien plutôt sur des mots que sur des faits précis.

L'ingénieux physiologiste dont il vient d'être question n'est pas le seul qui ait recherché la cause première du volubilisme; M. Isidore Léon en a fait aussi l'objet de ses méditations et de ses recherches. Partant de cette idée, déjà énoncée bien antérieurement par Palm, que la lumière, l'humidité, la chaleur et le contact même des supports exercent une influence marquée sur le volubilisme, il a fait de nombreuses expériences pour reconnaître isolément la puissance de ces différentes actions. Pour la lumière, c'est l'éclairage inégal des deux côtés de la tige voluble qui lui semble, comme à Knight et de Candolle, devoir déterminer un plus fort accroissement sur la face la plus vivement éclairée, et, par suite, une arcure dirigée vers l'autre face qui se trouve moins favorisée; toutefois les expériences qu'il a faites en vue de contrarier l'enroulement, en éclairant aussi également que possible les deux côtés opposés d'une tige, ne lui ont pas donné de résultats tant soit peu démonstratifs. Il n'a pas été plus heureux lorsqu'il a tenté d'isoler expérimentalement l'action de l'humidité jointe à la chaleur, et, au total, il a été conduit à dire que ces trois influences, bien que réelles, peuvent s'exercer, presque sans altération, à tous les degrés possibles d'intensité.

Relativement au rôle des supports, qui a été jugé fort important par les physiologistes antérieurs, M. I. Léon le croit, d'après ses observations, plus essentiel que celui de la lumière, de la chaleur et de l'humidité; néanmoins il se réduirait, d'après lui, à manifester l'enroulement plutôt qu'à le provoquer.

Cette insuffisance des causes physiques pour l'explication du volubilisme a fait penser à M. I. Léon que les propriétés spéciales aux tissus des plantes pourraient bien avoir la plus grande part dans l'accomplissement de ce phénomène. C'est, dit-il, ce que Dutrochet avait presque démontré, sans en tirer

de conséquences. L'examen de la structure anatomique des tiges volubles, et la manière dont se comportent leurs tissus constitutifs soumis expérimentalement à l'endosmose, lui ont fourni des arguments qu'il regarde comme excellents en faveur de cette idée. Au total, dans son opinion, le mouvement révolutif, la torsion des tiges sur elles-mêmes, ainsi que l'enroulement des tiges volubles et des vrilles, dépendent de conditions organiques; le mouvement révolutif est selon ses expressions, « un phénomène d'antagonisme oscillant entre » l'endosmose implétive du tissu cellulaire et l'implétion » d'oxygène du tissu fibreux; il est favorisé par la texture et » les propriétés des tissus. » La torsion de l'axe des tiges et l'enroulement spiral des vrilles sont deux formes du même phénomène. Enfin l'enroulement spiral des tiges volubles, souvent en sens inverse de la torsion, est essentiellement distinct du phénomène de spiralisation des organes appendiculaires ou des organes axiles aphylles. Cet enroulement, « bien » qu'il ait aussi pour agents les tissus élémentaires, reconnaît » pour cause de sa direction constante dans l'un ou l'autre » sens, selon les espèces, outre un antagonisme de tendances » à l'incurvation des tissus cellulaire et fibreux des systèmes » central et cortical, luttant sur deux côtés opposés d'une » tige, une modification des tissus par zones spirales, procé» dant de la disposition, soit primitive, soit altérée, des orga» nes d'où émane la foliation, concordant dans le premier » cas avec une élaboration inégale des deux systèmes oppo» sés. » On voit que l'auteur de ce travail intéressant, bien qu'il semble blâmer Dutrochet d'avoir donné au volubilisme une cause première hypothétique, n'est pas à l'abri lui-même d'un reproche analogue. Au reste, il avoue avec une parfaite bonne foi que ses recherches auraient besoin d'être approfondies davantage, et qu'il n'aurait pas manqué de les poursuivre, si les circonstances le lui avaient permis.

Dutrochet et M. I. Léon ont embrassé dans leurs études l'ensemble du phénomène de l'enroulement; M. Duchartre s'est borné à diriger ses expériences sur une seule face de cette question : il a cherché à reconnaître si, en soustrayant une tige voluble à l'action de la lumière, on lui enlève la faculté de s'enrouler autour des soutiens qu'elle rencontre. Les expériences sur ce sujet empruntaient un intérêt tout particulier à cette circonstance, que Palm et M. H. von Mohl avaient introduit, sous ce rapport, dans la science deux opinions contradictoires, que chacun d'eux appuyait sur ses observations : le premier de ces savants avait dit, en termes formels, que sans lumière l'enroulement n'a pas lieu; le second avait affirmé, au contraire, tout aussi catégoriquement, que la privation de lumière n'empêche pas la tige des plantes volubles de s'enrouler autour de leurs soutiens, et il avait ajouté que cette tige n'est que très-faiblement sensible à l'influence lumineuse qui agit avec énergie sur tous les végétaux verts en général. La généralité des physiologistes s'est rangée à cette dernière opinion. Or, en soumettant à des expériences variées l'Igname de Chine (*Dioscorea Batatas* Decne), le *Mandevillea suaveolens* Lindl., l'*Ipomœa purpurea* L. (*Pharbitis hispida* Choisy), et en rapprochant des résultats que ces plantes lui ont donnés ceux qu'avaient obtenus MM. H. von Mohl et J. Sachs sur le Haricot, M. Duchartre a reconnu qu'il existe parmi les plantes volubles deux catégories bien distinctes relativement à l'influence que la lumière solaire exerce sur l'enroulement de leur tige, puisque les unes, comme le *Dioscorea Batatas* et le *Mandevillea*, ne conservent la faculté de s'enrouler autour des corps étrangers que tant qu'elle sont soumises à cette influence, tandis que les autres, comme l'*Ipomœa purpurea* et le *Phaseolus*, s'enroulent également à la lumière et à l'obscurité. Il s'ensuit que l'une et l'autre des assertions contradictoires formulées par les deux botanistes allemands, qui se sont occupés avec le plus grand soin de l'étude du volubilisme, sont justifiées dans une certaine mesure par la réalité des faits.

Tendance des racines à descendre. — Si la tige des plantes tend, dans la plupart des cas, à s'élever vers le ciel, leur racine, plus généralement encore, se dirige directement vers le centre de la terre. La tendance à laquelle elles obéissent ainsi se manifeste avec une énergie que les expériences bien connues de Duhamel ont mise depuis longtemps en évidence, et dont quelques expérimentateurs ont essayé de donner la mesure.

Payer, l'un d'eux, avait cru voir, jusqu'à un certain point, cette mesure dans un fait singulier qui, signalé à l'Académie des sciences de Paris, en 1829, par Pinot, avait été revu par lui et avait fourni matière à plusieurs de ses expériences. Ce fait consiste en ce que, si l'on fait germer des graines sur la surface d'une couche de mercure, on voit fréquemment la radicule, à mesure qu'elle se développe, s'enfoncer dans le métal liquide d'une longueur plus ou moins considérable, selon les espèces, et qui, contrairement à ce qui avait été dit par Dutrochet, ne peut être rapportée à la seule action de la pesanteur. Payer avait imaginé un appareil dans lequel, dit-il, il maintenait au-dessus d'une masse d'eau une couche de mercure dont il faisait varier l'épaisseur à volonté. En faisant germer différentes sortes de graines dans cet appareil, il reconnut d'abord que, tandis que la radicule de certaines espèces, celle du Blé sarrasin (*Polygonum Fagopyrum* L.), par exemple, rampent constamment à la surface du métal sans jamais s'y enfoncer, un assez grand nombre d'autres s'enfoncent de quelques millimètres dans ce liquide, et quelques-unes, notamment celle du Pois de senteur (*Lathyrus odoratus* L.), y pénètrent toujours profondément, au point d'en traverser jusqu'à une couche de 2 centimètres d'épaisseur. Même, quand la radicule s'insinue entre le mercure et le vase qui le renferme, elle peut descendre encore plus bas. Cette particularité avait semblé avec raison à ce botaniste d'autant plus remarquable qu'elle ne tenait, il s'en était assuré, aux différences ni de poids, ni de rigidité, ni de grosseur de la racine sur laquelle on l'observait. C'était donc, en réalité, une faculté mystérieuse, fort étrange même par ses variations d'une espèce à l'autre, et qui, dans certains cas, aurait donné une très-haute idée de la force de pénétration des racines. Toutefois une circonstance importante dont il n'avait point parlé dans sa note imprimée, mais qu'il indiqua plus tard à la Société philomathique et à une commission de l'Académie, c'est que les graines qu'il faisait germer sur le mercure n'étaient point libres à la surface de ce métal, mais engagées dans les trous d'un plancher de liége et fixées par cela même.

Frappé de la singularité des faits signalés par Pinot et surtout par Payer, M. Durand, de Caen, voulut en vérifier l'exactitude, ou, du moins, remonter par l'expérience aux causes qui pouvaient les expliquer. Son travail, riche en faits bien observés, semble fournir à cet égard tous les éclaircissements désirables, et faire disparaître tout ce qu'il semblait y avoir d'énigmatique dans la pénétration des radicules au mi-

l'eu d'un liquide aussi dense que le mercure. Les expériences qu'il fit en grand nombre se rapportaient, pour la plupart, à deux ordres différents de conditions : dans l'un, les graines germaient dans une couche d'eau déposée sur la surface du métal, et on avait le soin de ne jamais laisser disparaître ce liquide par évaporation; dans l'autre, elles n'étaient mouillées que d'une petite quantité d'eau qui n'était pas renouvelée après qu'elle s'était évaporée. Dans le premier cas, la radicule, n'étant pas poussée ou l'étant faiblement par le poids de la graine, ne pénétrait point dans le mercure, ou ne s'y enfonçait que d'une quantité représentant le poids de cette graine, qui motivait seul sa force de pénétration ; dans le second cas, qui est celui du plus grand enfoncement, les matières organiques dissoutes par l'eau se combinaient avec le mercure, et formaient, par le desséchement, une couche solide végéto-mercurielle, qui fixait la graine et lui offrait un point d'appui résistant.

Dans certaines expériences, la couche ainsi formée est devenue assez ferme pour se maintenir comme un plancher lorsqu'on avait décanté le métal sur lequel elle s'était produite. Il y avait donc pour les graines, prises dans cette sorte de membrane végéto-métallique, un point d'appui qui permettait à la radicule émise par elles de s'enfoncer profondément en raison de sa rigidité. Il y a des graines, comme celle du *Polygonum Fagopyrum*, qui ne cèdent point de matière susceptible de s'unir au mercure ; celles-là n'enfoncent jamais leur radicule ; mais on les oblige à le faire si l'on ajoute une matière extractive quelconque à la goutte d'eau qui les mouille. Enfin, lorsque la radicule s'insinue entre le mercure et les parois du vase qui le renferme, la pression latérale du métal et le frottement la maintiennent et lui donnent la faculté de descendre profondément. Au total, les différentes circonstances de la pénétration des radicules dans le mercure rentrent toutes sous l'empire des lois physiques, et n'offrent rien de mystérieux ni de paradoxal.

Rappelons à ce propos que, dans un rapport circonstancié sur les deux mémoires de Payer et de M. Durand, Dutrochet confirma la parfaite exactitude des expériences de ce dernier, parmi lesquelles les plus décisives, ayant été répétées par lui, avaient donné les mêmes résultats.

C'est par un moyen différent de celui dont il vient d'être question, et plus rapproché des conditions naturelles de la végétation, que M. Emery a cherché à reconnaître et à mettre en relief la force avec laquelle les racines pénètrent dans le sol et peuvent même traverser, dans bien des cas, les obstacles qu'elles rencontrent sur leur route. Il fait observer en premier lieu que, si la radicule s'enfonce dans le sol dès sa sortie, elle trouve pour cela un puissant secours dans le poids de la couche de terre dont on l'a recouverte après le semis. L'ensemencement dans la terre n'a donc pas pour unique effet de maintenir autour de la graine l'humidité sans laquelle la germination ne pourrait avoir lieu ; il amène encore ce résultat important que, grâce à la résistance qu'il éprouve en dessus, l'embryon peut enfoncer sa radicule dans le sol sous-jacent et aller y puiser l'aliment de la jeune plante. Une preuve à l'appui de cette idée résulte de ce fait que, si l'on dépose des graines à la surface du sol, qu'on recouvre ensuite d'une cloche pour empêcher le desséchement, la germination s'opère fort bien, mais les radicules rampent superficiellement, pour la plupart, sans pénétrer dans la terre, à moins qu'elle ne soit très-meuble.

La force en vertu de laquelle le pivot des racines, c'est-à-dire la radicule dévloppée, descend selon la verticale, tandis que ses ramifications s'étendent plus ou moins obliquement, peut souvent se manifester par la perforation des obstacles que leur extrémité rencontre. M. Emery avait semé du Lin dans un grand verre à expériences qu'il avait rempli de terre de jardin ; une sorte de plancher, formé de quatre feuillets de papier gris à filtrer et situé un peu au-dessous des graines, séparait cette masse de terre en deux parties. Il reconnut un peu plus tard que les radicules avaient percé ce papier chacune d'un trou net et sans bavures ni déchirures, à travers lequel elle avait passé ensuite. Éclairé par cette observation, il fit deux autres expériences comparatives. Il sema des graines de la même plante dans deux verres à pied coniques, de la même grandeur, remplis de la même terre, munis l'un et l'autre, comme dans le cas précédent, d'un plancher que formait cette fois une rondelle de papier-carton. Dans l'un de ces verres, les graines reposaient directement sur le carton, et elles étaient couvertes d'un centimètre de terre ; dans l'autre, il y avait une couche de terre épaisse d'un centimètre entre le carton et les graines que couvrait encore une couche de terre de la même épaisseur. Les radicules se comportèrent de deux manières entièrement différentes dans les deux cas : dans celui où les graines reposaient sur le carton, rencontrant un obstacle dès leur sortie, elles furent impuissantes à le traverser; elles le contournèrent pour aller passer entre ses bords et les parois du vase, et pour se rendre ainsi dans la terre placée au-dessous; au contraire, dans le verre où elles devaient traverser une couche de terre avant d'arriver au carton, la plupart des racines s'étaient fait jour à travers cet obstacle, après avoir développé, dans leur portion supérieure à celui-ci, un nombre de ramifications plus grand que de coutume, et par conséquent après avoir pris assez de force pour exercer un effort passablement énergique ; les ramifications latérales avaient toutes percé obliquement le carton, tandis que plusieurs pivots n'avaient pu le faire. M. Emery croit trouver l'explication de ces faits dans un flux et reflux d'activité végétative, se portant tantôt sur un point, tantôt sur un autre, selon les circonstances, et ressemblant beaucoup à ce qu'on nomme la loi de balancement lorsqu'il s'agit du développement relatif des organes.

Altération de la tendance normale des tiges et des racines. — Quelque puissante que soit la tendance naturelle des tiges à s'élever vers le ciel, des racines à descendre vers le centre de la terre, elle ne résiste pas, dans certaines circonstances, à l'influence d'actions extérieures qui viennent s'exercer sur ces organes. Ceux-ci peuvent alors s'écarter plus ou moins de la ligne dans laquelle ils se seraient maintenus en l'absence de toute cause perturbatrice ; leur déviation est même assez marquée pour avoir frappé les physiologistes et avoir provoqué de leur part des observations, souvent aussi des expériences. La lumière est celle d'entre ces causes perturbatrices qui agit le plus fréquemment sur l'axe végétal au point d'en altérer la direction naturelle. On est surpris en effet, dans une foule de cas, notamment pour les plantes cultivées dans une chambre, de la promptitude avec laquelle les tiges encore jeunes, les rameaux en voie de développement s'inclinent vers l'ouverture par où le jour leur arrive. Ce phénomène a été observé fréquemment dans sa généralité ; Payer en a repris l'étude, il y a vingt-cinq années, en y apportant une précision plus grande que celle qu'on trouvait dans la plupart des travaux antérieurs, et surtout

en introduisant dans la question un élément d'un grand intérêt, savoir la détermination de ceux d'entre les rayons colorés qui agissent spécialement dans cette circonstance.

C'est sur les tigelles des plantes qui viennent de germer que la lumière amène l'inclinaison la plus rapide et la plus forte, à cause de la jeunesse et de la délicatesse de leurs tissus. C'est aussi sur ces tigelles qu'ont porté généralement les expériences faites dans cette direction. Payer a pris pour sujet le Cresson alénois (*Lepidium sativum* L.), dont la germination est très-rapide et dont la graine est assez commune pour qu'il soit facile de s'en procurer de grandes quantités. Il a vu d'abord que, si l'on fait germer cette plante dans une chambre à une seule fenêtre, ou dans une boîte à une seule ouverture latérale, sa tigelle s'incline vers l'ouverture par laquelle arrive le jour, non en se courbant graduellement, mais en formant un angle avec la verticale et en restant rectiligne dans sa portion inclinée; mais que, si l'on place de même une jeune plante venant de germer et dont la tigelle soit verticale, on voit celle-ci se courber d'abord, puis s'incliner de manière à prendre une situation semblable à celle qu'on observait dans le premier cas. Les différentes conditions dans lesquelles s'effectue la courbure des très-jeunes tiges font dire à Payer que « la tendance des tiges vers la lumière est d'autant plus grande que cette lumière est moins intense (assertion assez étrange), ou qu'elle arrive de plus bas. » Quand les jeunes plantes sont enfermées dans une boîte à deux ouvertures percées du même côté, les choses se passent tout autrement, selon qu'il arrive par ces ouvertures deux lumières égales ou inégales en intensité : dans le premier cas, la jeune tige ne se dirige ni vers l'une ni vers l'autre, mais vers la ligne intermédiaire entre les deux; dans le second, elle se porte vers la lumière la plus vive. Si enfin la boîte a deux ouvertures égales, situées sur deux faces opposées et donnant accès à deux lumières également vives, la tige, sollicitée avec la même énergie en deux sens inverses, reste droite, tandis qu'elle se porte vers l'ouverture qui l'éclaire le plus, lorsque les deux lumières sont d'inégale intensité.

La lumière solaire blanche résultant de la réunion de sept rayons colorés, il y avait intérêt à reconnaître quels sont les rayons actifs dans les phénomènes qui viennent d'être indiqués. Les expériences faites par Payer dans ce but lui ont fait dire que les jeunes tiges ne se courbent jamais quand elles sont éclairées par les rayons rouge, orangé, jaune et vert, tandis qu'elles se courbent toujours sous l'influence des rayons violet et bleu, surtout de ce dernier. Sous l'action des quatre premiers rayons, elles se comportent absolument comme si elles se trouvaient plongées dans une obscurité complète. Elles n'éprouvent non plus aucune action de la part des rayons chimiques, c'est-à-dire de la partie du spectre qui se trouve au delà du violet et qui n'est pas appréciable à l'œil.

Ces derniers faits furent soumis à une vérification expérimentale par Dutrochet, presque aussitôt après qu'ils eurent été publiés. Malheureusement, bien que ce physiologiste se fût procuré, pour ses expériences, autant de verres colorés qu'il existe de rayons distincts dans le spectre solaire, il ne put employer que le verre rouge, qui seul transmettait une lumière homogène. Il disposa donc une caisse noircie intérieurement et présentant une ouverture latérale qui fut munie de ce verre. En faisant germer des graines ou en plaçant de très-jeunes plantes, après leur germination, dans cet appareil, il les soumettait évidemment à l'influence du rayon rouge, sans mélange. Comme Payer avait pris pour sujet de ces expériences le Cresson alénois, ce fut aussi la plante sur laquelle Dutrochet expérimenta d'abord. Il constata qu'en effet la tige de cette espèce ne s'inclinait pas vers la lumière rouge; mais le hasard fit germer dans la terre du pot où poussait le *Lepidium* quelques graines d'*Alsine media*, dont la tigelle s'inclina fortement, dans les mêmes conditions. Ayant alors mesuré le diamètre des tigelles de ces deux espèces, il reconnut que celle du *Lepidium*, qui restait droite, avait 8/10 de millimètre d'épaisseur, tandis que celle de l'*Alsine*, qui s'inclinait, n'avait que 4/10 de millimètre. Il présuma de là que cette différence d'épaisseur était la cause essentielle de l'inégalité d'effet qu'il avait reconnue. Pour voir si cette idée était fondée, il répéta le même genre d'expériences sur plusieurs espèces à petites graines, devant donner dès lors des tigelles fort grêles. L'inflexion vers la lumière rouge eut lieu pour plusieurs espèce: *Trifolium agrarium*, *Mercurialis annua*, *Senecio vulgaris*, *Alsine media*, *Papaver somniferum*, *P. Rhœas*, *Sedum acre*, *Arenaria serpyllifolia*. L'*Alsine media* se montra le plus sensible à l'influence lumineuse, puisque sa tigelle s'infléchit en quatre heures, tandis qu'il fallut la journée presque entière pour celle des autres espèces. Il n'y eut pas d'inflexion pour les plantes suivantes : *Lepidium sativum*, *Medicago sativa*, *M. Lupulina*, *Trifolium pratense*, et, à plus forte raissn, pour le Pois. Même sur trois plantes naissantes de Mercuriale, une seule s'infléchit vers la lumière rouge, sa tigelle n'ayant que 5/10 de millimètre d'épaisseur, tandis que les deux autres, ayant leur tigelle épaisse de 6/10 de millimètre, furent par cela seul trop roides pour modifier leur direction naturelle. Il suffisait donc de 1/10 de millimètre de différence dans l'épaisseur des tigelles pour en rendre l'inflexion possible ou impossible. Ces observations, rapprochées des conclusions formulées par Payer, montrent une fois de plus le danger des généralisations appuyées sur un trop petit nombre de faits. Ajoutons que, se basant sur ce qu'il avait reconnu, l'inflexion vers le rayon rouge, tandis que Payer l'avait reconnue dans les rayons bleu et violet, c'est-à-dire aux deux extrémités du spectre solaire, Dutrochet en vint à regarder comme peu probable la nullité d'action des rayons intermédiaires affirmée par l'observateur qu'il contredisait.

Cette présomption devint bientôt pour lui une certitude. En plaçant de jeunes plantes en germination sur toute la longueur d'un spectre solaire rendu fixe au moyen d'un héliostat, même au delà du rayon rouge, à une extrémité, au delà du rayon violet, à l'extrémité opposée, il reconnut que leur tigelle s'inclinait dans tous les rayons, mais plus promptement dans les uns que dans les autres. Le mouvement de flexion commençait toujours par les tigelles soumises au rayon violet; il se montrait ensuite dans les rayons indigo et bleu, puis dans les rayons jaune et vert, un peu plus tard dans le rayon orangé, enfin, en dernier lieu, dans le rayon rouge. Pendant ce temps, la flexion des tiges situées au delà du violet se manifestait dans une étendue considérable, qui, selon l'intensité de la lumière, allait jusqu'à 20 centimètres, quelquefois même 30 centimètres de distance au delà de la limite perceptible de ce rayon. Cette flexion n'avait lieu, au contraire, que sur une très-faible largeur au delà de l'extrémité du spectre occupé par le rayon rouge.

C'est principalement vers la recherche de l'action qu'exercent, dans ce cas, les radiations extrêmes ou situées en dehors du spectre visible, qu'ont été dirigées plus récemment les recherches de M. C. M. Guillemin. Ce physicien a, de plus, tenu compte d'un phénomène qui avait été découvert en Amérique

par le docteur Gardner, dans le cours de l'année 1843, et qui consiste en ce que les jeunes tiges non-seulement s'infléchissent vers la lumière, ce que le savant américain a nommé leur flexion *directe*, mais encore tendent à se porter de côté, vers le rayon indigo, dans le sens de la longueur du spectre, lorsque celui-ci reste continu et non-subdivisé par des écrans; elles subissent alors une flexion *latérale*, ainsi que l'appelle le docteur Gardner. En outre, M. Guillemin a rattaché à l'ensemble de ses expériences des recherches sur la production de la chlorophylle sous l'influence des rayons ultra-violets et calorifiques. Voici en peu de mots les résultats essentiels de ce travail intéressant.

Comme l'avait déjà vu Dutrochet, les jeunes tiges se courbent sous l'influence de tous les rayons du spectre solaire; les seuls qui paraissent ne pas déterminer cet effet sont les rayons calorifiques les moins réfrangibles ou de basse température. Il y a deux maximums de flexion, situés, l'un dans les rayons ultra-violets, l'autre, moins prononcé et moins fixe, dans le vert. La flexion latérale s'étend au delà du rouge et du violet extrêmes; elle a pour centre les rayons indigos; elle a lieu souvent bien qu'on ait séparé par des écrans les différents rayons colorés.

Quant à la production de la chlorophylle qu'il est impossible de passer sous silence, elle est à son maximum dans le rayon jaune; à partir de ce point, son énergie va en diminuant lentement vers le violet, plus rapidement du côté du rouge. Les rayons bleus, verts, jaunes, orangés et rouges, font verdir les plantes étiolées plus rapidement que les rayons solaires directs; l'action du jaune égale presque celle de la lumière diffuse atmosphérique.

Si la lumière exerce une sorte d'attraction sur la tige, sur les feuilles, ou plus généralement sur les organes verts destinés à vivre au milieu de l'atmosphère, elle reste sans action sur la racine, qui, dans l'immense majorité des cas, a été créée pour rester dans le sol, soustraite à son influence, ou bien elle produit sur cet organe un effet de répulsion. Toutefois on a constaté, dans ces derniers temps, que, chez un petit nombre de plantes, la racine elle-même peut être attirée par la lumière lorsque, se développant dans un vase de verre rempli d'eau, elle se trouve à la fois éclairée par un côté et libre de se mouvoir. Ce fait étrange fut remarqué pour la première fois (1824) par Dutrochet, sur des radicules de Belle-de-Nuit (*Mirabilis Jalapa* L.); seulement, comme ce physiologiste reconnut que l'extrémité de ces racines, qui se dirigeait vers le côté éclairé du lieu où se faisait l'expérience, avait pris une teinte verte très-appréciable, il crut devoir attribuer l'inflexion à l'influence de la chlorophylle, dont la présence aurait assimilé, jusqu'à un certain point, cette radicule à la tige. Cette hypothèse était évidemment en désaccord avec la réalité des faits, car, vingt-cinq années plus tard, M. Durand, de Caen, a constaté que des racines entièrement dépourvues de matière verte se portent aussi vers le jour. Il a vu ce fait d'abord sur des racines de l'Oignon ordinaire (*Allium Cepa* L.) développées dans l'eau qui remplissait un flacon de verre. Craignant que la paroi du flacon située vers le fond de la chambre ne produisît l'effet d'un miroir concave et n'intervertît ainsi les conditions apparentes de l'expérience, il l'a peinte en noir, et néanmoins les choses se sont passées alors comme précédemment. Étendant ensuite le cercle de ses recherches, il a retrouvé la même propriété dans les racines de six autres espèces d'*Allium*, auxquelles Dutrochet a pu ajouter l'Ail commun, ainsi que dans celles de la Jacinthe (*Hyacinthus orientalis* L.) et du *Scilla lusitanica*. Dans ces différentes plantes, la racine se courbe tout entière pour se porter vers la lumière, tandis que la racine de la Belle-de-Nuit n'incline que son extrémité.

Jusqu'à ce jour, tout semble prouver que le nombre des espèces dont les racines ont la singulière propriété de se porter vers la lumière est fort restreint; celui des plantes dans les racines desquelles on a constaté l'existence de la faculté contraire, c'est-à-dire qui se portent du côté de l'obscurité, est notablement plus grand; enfin, dans l'immense majorité des végétaux, cet organe montre une indifférence complète relativement à cet agent, qu'il ne recherche ni n'évite.

Dutrochet a eu encore le mérite d'ouvrir la voie relativement à la fuite de la lumière par les racines : en 1833, il constata ce fait inattendu dans celles du *Pothos digitata;* il est bon toutefois de rappeler cette circonstance particulière, que son observation portait sur une racine aérienne, dès lors différente à certains égards de celles qui vivent dans les profondeurs du sol. Douze ans plus tard, Payer reconnut que les jeunes racines du Chou et de la Moutarde blanche, germant sur un petit coussinet de coton qui flottait à la surface de l'eau, se dirigeaient vers le côté obscur de la chambre où se faisaient les expériences, tandis que les jeunes tiges s'inclinaient, comme d'habitude, vers la fenêtre. Pour le *Sedum Telephium*, le même fait n'avait lieu que sous l'action des rayons directs du soleil. Dans une note succincte, où il annonçait comme prochaine la publication d'un mémoire plus étendu qui n'a jamais été mis au jour, il résumait les principales conclusions qu'il croyait être autorisé à déduire de ses expériences. Les racines, disait-il, lorsqu'elles fuient la lumière, font avec la verticale un angle différent, en sens inverse de celui de la tige et toujours plus petit que celui-ci. Il n'y a que la partie du spectre comprise entre les raies F et H qui agisse dans ce cas, et tous les points de cette portion du spectre qui embrasse les rayons violets, indigos et la presque totalité des rayons bleus, n'ont pas la même intensité d'action. Il ajoutait que cette action de la lumière relativement aux racines et aux tiges a certainement une grande influence sur la tendance du premier de ces organes à descendre vers le centre de la terre, du dernier à s'élever vers le ciel.

Une partie seulement de ces assertions fut reconnue exacte par les commissaires que l'Académie avait chargés de l'examen du travail de Payer, notamment par Dutrochet, auteur du rapport qui fut fait à ce sujet. Ce dernier physiologiste s'assura d'abord que, si l'angle d'inclinaison avec la verticale formé par la racine qui fuit la lumière est plus petit que celui que fait la jeune tige de la même plante en se portant vers le jour, ce n'est que pendant quelques heures, au commencement des expériences, par ce motif que la recherche de la lumière par les tiges s'opère plus rapidement que sa fuite par les racines; mais, au bout d'un plus long espace de temps, on voit souvent se produire le contraire, et les racines être déviées plus fortement vers l'obscurité que les tiges ne le sont vers le jour. Dutrochet a reconnu également une grande différence entre le genre de flexion de la tige et de la racine, quand la première recherche et que la dernière fuit la lumière : s'étendant à toute la longueur ou à peu près pour celle-là, elle se limite à l'extrémité vulgairement et à tort nommée *spongiole* pour celle-ci; de plus, une fois qu'elle s'est produite dans la racine, elle ne se détruit plus, si l'on

renverse l'orientation de la jeune plante relativement à la lumière, de telle sorte que plusieurs retournements successifs déterminent la formation d'un véritable zigzag; la structure et la marche du développement de cet organe expliquent ces deux particularités. Or on sait que rien de pareil n'a lieu pour la tige qui efface toute sa première courbure, si on la retourne après qu'elle s'est infléchie vers le jour. Enfin le rapporteur de la commission a donné plus de précision et d'exactitude, d'après ses propres expériences, à l'énoncé relatif à l'action des différents rayons colorés. Ainsi le maximum de fuite de la lumière s'est présenté à lui dans les rayons violets, et c'est là également qu'elle a commencé; elle s'est manifestée, pendant les heures suivantes, successivement dans tous les autres rayons colorés. A six heures et vingt minutes après le commencement de l'une des expériences, la flexion latérale s'est montrée d'abord dans les rayons jaunes, ensuite dans les rayons orangés et dans ceux des rayons verts qui avoisinaient les jaunes, plus tard encore dans les rayons verts voisins des bleus, enfin et très-faiblement dans les rayons bleus. La flexion latérale n'a point eu lieu dans les rayons indigos ni violets; elle n'a point été non plus observée dans les rayons rouges. « Ainsi, dit Dutrochet, la fuite de la lumière par les racines commence dans les rayons violets, et leur flexion latérale commence dans les rayons jaunes, comme cela a eu lieu pour la flexion des tiges vers la lumière et pour leur flexion latérale; seulement tous les mouvements, dans les racines, sont inverses de ceux des tiges; chez les tiges, il y a flexion vers la lumière et flexion vers l'espace éclairé par les rayons indigos; tandis que, chez les racines, il y a flexion pour fuir la lumière et flexion pour fuir l'espace éclairé par les rayons indigos. »

Après ces expériences et ces énoncés destinés à rectifier ce qu'il y avait d'inexact dans les assertions de Payer, il restait à multiplier les exemples de racines douées de la faculté de fuir la lumière; c'est ce qu'a fait M. Durand (de Caen) qui, dans sa thèse citée plus haut, a donné une liste de vingt-six espèces ou variétés chez lesquelles il a observé cette fuite. Seulement cette liste donne une faible idée de la généralité du phénomène, puisqu'elle comprend, sur le nombre total, déjà peu élevé, vingt et une espèces ou variétés de Crucifères, une seule Légumineuse, deux Liliacées (*Allium*), une Amanrantacée (*Achyranthes*) et une Solanée (Pomme de terre). Aussi l'auteur dit-il avec raison qu'il s'en faut bien que ce phénomène singulier soit général.

L'influence de la lumière est-elle la seule qui puisse altérer la direction normale des racines? D'après M. Duchartre, l'action d'une terre ou d'un air très-humide, s'exerçant sur les racines par contraste avec un milieu sec, pourrait parfois altérer aussi la direction naturelle de ces organes et les amener à s'étendre, soit horizontalement, soit même plus ou moins directement de bas en haut. A l'appui de cette idée, il rapporte les expériences restées peu connues dans lesquelles un médecin écossais, Henri Johnson, qui pourtant ne croyait pas à cette influence de l'humidité, a vu plusieurs fois des graines de Moutarde qui germaient à la base d'un cylindre de terre humide, et dont la radicule, si elle avait suivi sa direction descendante habituelle, aurait été forcée de s'étendre à travers l'air sec, détourner leur jeune racine de la verticale et l'étendre horizontalement sous la face inférieure du cylindre de terre, ou même se relever de bas en haut pour pénétrer dans cette masse humide. Il ajoute une expérience faite à peu près de même par Knight, avec des graines de Fève, et dans laquelle le résultat a été semblable. Enfin il rapporte ses propres observations qui ont été faites sur une Reine-Marguerite, un Hortensia et un pied de *Veronica Lindleyana*. Ces sujets étaient plantés chacun dans un pot de jardin qui avait été enfermé dans une enceinte de verre parfaitement close. La terre de ces pots a été arrosée faiblement de manière à ne conserver que la quantité d'humidité strictement nécessaire pour que les plantes ne périssent pas; mais l'eau d'évaporation se condensant sur les parois du vase-enveloppe n'a pas tardé à s'amasser au fond de celui-ci, de telle sorte que l'air qui entourait chaque pot était chargé d'humidité. Dans ces conditions anormales, sous l'influence d'un air très-humide et d'une terre sèche, les racines adventives qui ont pris naissance dans cette atmosphère confinée, sur le bas des tiges, n'ont plus manifesté de tendance à descendre, et beaucoup de celles qui se trouvaient dans la terre des pots se sont allongées pour en sortir et pour s'élever de bas en haut dans l'air presque constamment saturé qui remplissait l'appareil. Se basant sur ces expériences, sur celles de Johnson et de Knight, l'auteur formule cet énoncé général, que l'humidité est l'une des causes dont on doit tenir grand compte, si l'on veut expliquer la direction que suivent les racines dans le cours de leur développement.

ACTION DE LA CHALEUR SUR LES PLANTES

La chaleur exerce sur la végétation une influence puissante que l'observation de tous les jours met en parfaite évidence, même pour les esprits les moins attentifs. En hiver, les plantes sont dans un état de torpeur qui suspend en elles toute croissance, et elles ne donnent de nouveaux signes de vie que lorsque la température commence à s'adoucir. Le réveil de la nature végétale n'est complet qu'à l'époque où l'air est tempéré, où la terre a été réchauffée par le soleil; enfin les plantes sont dans toute l'activité de leur développement aussitôt que la longueur des jours amène à sa suite une chaleur suffisante pour stimuler énergiquement leurs organes, mais pas encore assez intense ni assez continue pour causer la sécheresse du sol. La culture des jardins fournit aussi tous les jours la preuve expérimentale la plus nette de cette influence. Soumises à ce qu'on appelle la *culture forcée*, c'est-à-dire maintenues dans une atmosphère et une terre constamment chauffées, à l'intérieur de serres, de bâches ou de coffres, une foule de plantes se comportent au cœur de l'hiver comme elles le feraient naturellement au milieu de l'été : elles se développent, fleurissent, fructifient même pendant l'époque assignée par la nature pour leur repos hibernal. Toutefois une observation faite par L. Vilmorin montre qu'il peut y avoir des exceptions à cette loi générale, au moins quant à l'action de la chaleur artificielle. En effet, en cultivant dans une serre des pieds de Froment et d'Avoine, cet habile cultivateur-physiologiste a reconnu que ces plantes semblaient insensibles à la chaleur de l'atmosphère confinée au milieu de laquelle elles végétaient, à ce point qu'elles n'ont fleuri et n'ont mûri leur grain qu'au moment précis où ont pu le faire d'autres pieds analogues qui avaient été semés au même moment en plein air. Il en a été de même pour des Betteraves, qui ont eu les diverses phases de leur développement dans une serre absolument comme leurs analogues dans les

champs, tandis que des Fraisiers soumis à la même chaleur artificielle à côté d'elles ont gagné, pour leur fructification, de soixante à quatre-vingt-dix jours sur une période de cinq mois.

A quoi peut tenir l'accélération qu'un exhaussement de température imprime à la végétation? Évidemment à ce que pour arriver à chacune des phases de son développement, chaque plante exige une certaine somme de chaleur qui peut être obtenue également, soit pendant un petit nombre de journées chaudes, soit pendant un nombre plus grand de journées seulement tempérées. Mais comment déterminer cette somme de chaleur? La réponse à cette question présente des difficultés réelles qui ont fait naître une grande divergence d'opinions et, par suite, de méthodes. L'élément fondamental de tous les calculs qui peuvent être faits pour arriver à ce but est la température moyenne de la journée. La plupart des observateurs qui ont cherché à déterminer la somme de chaleur nécessaire pour chaque grand acte de la vie végétale, notamment pour la floraison et pour la maturation des graines, ont additionné les températures moyennes diurnes, dont la somme a été pour eux l'expression de la chaleur reçue. Seul, M. Quételet a regardé comme plus exact d'additionner les carrés des températures moyennes en place de ces températures mêmes. De son côté, M. Babinet, se basant sur ce qu'en général l'effet produit par une cause constante, agissant pendant un certain temps, est proportionnel à l'intensité de la cause et au carré du temps pendant lequel elle agit, a conseillé d'appliquer ce principe à la mesure des effets produits par la température sur le développement des végétaux. La formule qu'il a proposée consiste, dès lors, à multiplier le chiffre de la température efficace, c'est-à-dire la température moyenne réelle diminuée du nombre de degrés au-dessous duquel ne s'opère aucun développement, par le nombre de jours qui a été nécessaire pour amener le phénomène observé.

Mais quelle que soit la méthode employée, l'application qu'on peut en faire repose avant tout sur la détermination de l'époque à partir de laquelle on compte les températures moyennes. Adanson prenait simplement pour point de départ le commencement de l'année; M. Boussingault a pensé avec raison qu'il était beaucoup plus exact de chercher dans la vie de la plante elle-même ce point initial qui ne peut être arbitraire : la germination pour les espèces annuelles, la reprise annuelle de la végétation pour celles dont l'existence est plus longue, ont marqué pour lui le terme à partir duquel il a compté les températures moyennes diurnes, et les physiologistes ont suivi son exemple à cet égard. Toutefois le comte de Gasparin a montré qu'aucune méthode ne rend rigoureusement compte des faits, et que la chaleur n'est pas la seule influence dont on doive tenir compte dans l'analyse des phénomènes végétatifs. Il a ensuite recherché l'influence de la température sur les différentes phases du développement des plantes, et il est arrivé ainsi à reconnaître entre les deux des rapports constants pour chaque climat, mais dont l'effet total diffère d'un lieu à l'autre, par cela seul que les circonstances n'y sont plus les mêmes. Voici le résumé succinct de ses observations et de ses énoncés à ce sujet.

Les phases successives de la végétation d'une plante sont marquées par le développement de ses organes. Dans la tige et ses ramifications, le développement des mérithalles ou entre-nœuds, qui en sont les éléments constitutifs, est déterminé par une somme de température à peu près égale pour la même espèce végétale et pour les rameaux placés de la même manière sur l'individu. Il peut se développer un nombre indéterminé de mérithalles ne portant que des feuilles, sans que la plante arrive à sa floraison, et ce nombre varie selon les climats et les années. La floraison et le nombre des mérithalles développés avant qu'elle ait lieu sont regardés par le comte de Gasparin comme dépendant essentiellement de l'état de la séve, plus ou moins abondante, plus ou moins épaissie; cette idée un peu hasardée aurait besoin d'être appuyée sur des faits, et non sur de simples inductions hypothétiques. Toutefois il semble permis d'en prendre l'énoncé comme une manière particulière d'expliquer les observations. A ce point de vue, on peut admettre, avec ce savant agriculteur-météorologiste, que les circonstances extérieures qui influent sur cet état de la séve, ou plus exactement sur le développement des plantes, se reproduisant les mêmes, dans le même climat et dans la moyenne des années, il en résulte qu'elles fleurissent assez régulièrement, après avoir produit le même nombre de mérithalles, et qu'ainsi on peut calculer, pour un climat donné, la somme des degrés de chaleur qui amènent la floraison sous ce climat, sans que cette même somme soit applicable sous un climat différent, où le nombre des mérithalles n'est plus le même. La fructification et la maturation étant des conséquences de la floraison, la somme de chaleur qui les détermine est aussi variable d'un climat à l'autre. La radiation solaire, qui est encore un facteur important de la végétation, étant aussi à peu près la même, dans le même climat, d'une année à l'autre, en l'ajoutant à la température de l'air, on ne change pas le rapport des sommes de température; mais on le change lorsqu'on passe d'un climat à un autre. Ce calorique, ajouté à la température de l'air, doit entrer, dit le comte de Gasparin, en ligne de compte pour déterminer la possibilité d'une culture dans un lieu donné.

L'étude attentive de cas particuliers en grand nombre sera le meilleur moyen auquel on puisse recourir pour arriver à la solution rigoureuse de la question générale dont il s'agit en ce moment; aussi doit-on savoir gré à M. Ch. Martins d'avoir fait une de ces études spéciales avec toute l'attention qu'elle méritait. C'est le *Nelumbium speciosum*, cultivé dans le jardin botanique de Montpellier, qui a été le sujet de ses observations. Comme cette espèce est aquatique, et qu'après avoir passé sous l'eau la première partie de son existence elle développe des feuilles, les unes nageantes, les autres aériennes, de même que ses fleurs, elle subit l'action des deux milieux qui l'entourent; dès lors il a fallu déterminer pour l'un et l'autre de ces deux milieux la somme de chaleur en vertu de laquelle ils agissent. M. Martins a reconnu que, pendant la période purement aquatique de son existence, le *Nelumbium* avait reçu 474° de température efficace, c'est-à-dire supérieure à 10°. La plante s'étant mise en végétation le 12 avril, sa période aquatique a duré jusqu'au 9 juin, c'est-à-dire près de deux mois. A partir du 10 juin, ses feuilles ont commencé, les unes à flotter à la surface de l'eau, les autres à s'élever hors de ce liquide. Depuis le commencement de cette seconde période jusqu'à la floraison, c'est-à-dire pendant son existence à la fois aquatique et aérienne, elle a subi l'influence de 451° efficaces; le total des températures efficaces qu'elle a reçues ainsi s'est élevé à 925°. D'un autre côté, si l'on fait aux chiffres de températures moyennes efficaces l'application des méthodes proposées par M. Quételet, d'un côté, par M. Babinet, de l'autre, on arrive à

choisit un sujet pour l'exercice de ses facultés individuelles, choisit une voie qu'il essaye d'éclairer de la lumière de son intelligence, de façon à dissiper autant que possible les ténèbres qui entourent toutes nos connaissances. Ainsi, le géologue étudie les rochers, le biologue les conditions et les phénomènes de la vie ; l'astronome, les masses stellaires et leurs mouvements; le mathématicien, les propriétés de l'espace et des nombres; le chimiste, les atomes; tandis que le physicien voit s'ouvrir devant lui le vaste champ des phénomènes de l'optique, de la chaleur, de l'électricité et de l'acoustique. L'Association Britannique confronte donc la nature de tous les côtés, imprime à la science une sorte de mouvement centrifuge, tandis que, soit circonstances particulières, soit vocation naturelle, chacun de ses membres actifs adopte une certaine ligne de recherches qu'il cherche à illustrer de ses découvertes, se contentant dans toutes les autres directions de se laisser instruire par ses collègues. La somme totale de nos travaux constitue ce que Fichte pourrait appeler la *sphère* des connaissances naturelles. On a pensé qu'il était nécessaire, dans les réunions de l'Association, de résoudre cette sphère en ses parties constitutives, qui revêtent, pour ainsi dire, une forme concrète représentée par les lettres qui désignent nos sections respectives.

Notre section A s'appelle la section des mathématiques et de la physique. Depuis longtemps les mathématiques et la physique sont accoutumées à marcher ensemble, de là ce groupement. Car, bien que les mathématiques, comme un produit de l'esprit humain, se soutiennent par elles-mêmes, portent avec elles leur noble récompense, bien que le mathématicien pur puisse laisser de côté les considérations se rapportant aux phénomènes de l'univers matériel, cependant les formes des raisonnements qu'il emploie, le pouvoir que confère l'agencement de ces raisonnements, la possibilité d'appliquer à tous les phénomènes ses conceptions les plus abstraites, font de la science du mathématicien un des instruments les plus puissants que nous ayons à notre disposition pour résoudre les problèmes de la nature. En un mot, sans les mathématiques, exprimées ou sous-entendues, nos connaissances en physique seraient extrêmement fragiles.

A côté de la méthode mathématique, nous avons la méthode de l'expérience. Là, partant d'un point que lui ont indiqué ses propres recherches ou celles des autres, le physicien s'avance en combinant l'induction et la vérification. Il s'assimile les connaissances qu'il possède et essaye de les augmenter, il devine et contrôle ce qu'il a deviné, il conjecture et confirme ou infirme ses conjectures. Ces inductions, ces conjectures ne sont en aucune façon des pas faits dans les ténèbres; car une connaissance une fois acquise jette une faible lumière au delà de ses limites immédiates. Il n'y a pas de découverte si limitée qu'elle n'illumine quelque chose au delà d'elle-même. La force de pénétration intellectuelle dans cette pénombre, qui entoure les connaissances acquises, ne dépend pas de la méthode, elle est proportionnelle au génie de l'investigateur. Il n'y a pas, cependant, de génie si bien doué qu'il puisse se passer de contrôle ou de vérification. Ce sont les esprits les plus profonds qui comprennent le mieux que les voies de la nature ne sont pas toujours leurs voies, et que les traits les plus brillants dans le monde de la pensée sont incomplets jusqu'à ce qu'il ait été prouvé que la contre-partie en existe dans le monde des faits. Corriger, réaliser incessamment les conjectures, telle est la vocation du vrai expérimentateur; ses expériences finissent par constituer un corps dont les intuitions purifiées sont, pour ainsi dire l'âme.

La science physique, aidée par les mathématiques et par les recherches expérimentales, a pris, dans ces dernières années, une place importante dans le monde. Elle a produit et est destinée à produire, au point de vue matériel aussi bien qu'au point de vue intellectuel, de grandes améliorations sociales, d'immenses changements dans la conception populaire de l'origine, du principe et du gouvernement des choses. La science produit des miracles dans le monde physique, et la philosophie, abandonnant ses anciennes voies métaphysiques, suit les routes nouvelles que lui ouvrent ou que lui indiquent les recherches scientifiques. Ce progrès s'accusera d'autant plus que les philosophes se pénétreront mieux des méthodes de la science, connaîtront mieux les faits établis par les savants et les grandes théories que ces derniers ont élaborées.

Si l'on regarde une montre, on voit la grande et la petite aiguille, souvent aussi une aiguille indiquant les secondes, se mouvoir sur le cadran. Pourquoi ces aiguilles se meuvent-elles? Pourquoi leurs mouvements relatifs sont-ils tels que nous les observons? On ne peut répondre à ces questions qu'après avoir ouvert la montre, s'être rendu un compte exact de ses différentes parties, et avoir bien compris quelle est la relation de ces parties l'une avec l'autre. Quand tout cela est fait, nous trouvons que le mouvement des aiguilles est le résultat immédiat, nécessaire, du mécanisme intérieur de la montre, quand la force contenue dans le ressort réagit sur ce mécanisme.

On peut appeler ce mouvement des aiguilles un phénomène de l'art. Il en est de même des phénomènes de la nature. Ceux-ci aussi possèdent leur mécanisme intérieur et le réservoir de force qui le met en mouvement. Le but de la science physique est de révéler ce mécanisme, de découvrir ce réservoir et de prouver que de leur action combinée découlent nécessairement les phénomènes dont ils constituent la base.

J'ai pensé qu'il serait intéressant, dans l'occasion présente, d'essayer de vous indiquer brièvement sous quel point de vue les savants considèrent ce problème, d'autant qu'en le faisant, j'aurai occasion de vous dire quelques mots sur les tendances et les limites de la science moderne, de vous indiquer le domaine que les savants réclament comme le leur, de vous faire remarquer la région où il est puéril de s'opposer à leurs progrès et de définir aussi, s'il est possible, les bornes qui séparent cette région de cette autre, où les recherches et les aspirations de l'intelligence scientifique se dirigent en vain.

Mais ici j'aurai besoin de toute votre indulgence. C'est, je crois, l'Américain Emerson qui a dit qu'il était bien difficile, pour ne pas dire impossible, d'exprimer fortement une vérité sans faire un tort apparent à quelque autre vérité. Dans cet état de choses, il me semble que la meilleure marche à suivre est d'exprimer fortement les deux vérités et de donner à chacune d'elles sa part dans la formation de la conviction résultante. Car souvent la vérité, semblable à un aimant avec ses deux pôles, a un caractère de dualité. Bien des différences qui agitent les penseurs ont leur source dans l'exclusion avec laquelle les différentes parties affirment une moitié de la dualité, en oubliant entièrement l'autre. Mais il faut bien de la patience pour attendre que les deux côtés d'une question

soient parfaitement énoncés. Il faut s'armer de résolution pour supprimer toute indignation si la constatation d'un des côtés d'une question blesse nos convictions, pour ne pas nous laisser entraîner si, au contraire, elle vient confirmer nos vues. Il faut se déterminer à attendre avec calme que les deux côtés soient parfaitement énoncés avant de prononcer un jugement qui implique notre assentiment ou notre dissentiment. Ceci bien établi, essayons d'accomplir notre tâche.

Il s'est trouvé des écrivains qui ont affirmé que les pyramides d'Égypte étaient l'œuvre de la nature. Tout jeune encore, Alexandre de Humboldt écrivit un mémoire dans le but exprès de réfuter cette notion. Aujourd'hui, nous considérons les pyramides comme les ouvrages de l'homme, aidé probablement de machines dont tout souvenir s'est perdu. Nous nous représentons une armée d'ouvriers, travaillant à ces vastes structures, soulevant les pierres inertes, et guidés par la volonté, la science et probablement aussi par le fouet de l'architecte, plaçant ces pierres dans la position qu'elles devaient occuper. Les blocs de pierre, dans ce cas, sont mis en mouvement par une puissance qui leur est extérieure et la forme finale de la pyramide exprime la pensée de son constructeur.

Passons de cet exemple de la puissance édificatrice à un autre exemple d'un ordre tout différent. Quand on fait évaporer lentement une solution de sel commun, l'eau qui contient le sel en solution disparaît, mais le sel reste. Arrivé à un certain degré de concentration, le sel ne peut plus conserver la forme liquide, ses particules ou ses molécules, comme on les appelle, commencent à se déposer en solides excessivement petits, si petits, en vérité, qu'ils défient le pouvoir de nos meilleurs microscopes. A mesure que l'évaporation se continue, la solidification augmente, et nous obtenons enfin, par la réunion d'innombrables molécules, une masse de sel affectant une forme définie. Quelle est cette forme? Elle semble quelquefois une copie de l'architecture de l'Égypte. Nous avons de petites pyramides bâties par le sel, les terrasses succèdent aux terrasses, depuis la base jusqu'au sommet, formant ainsi une série de degrés semblables à ceux sur lesquels le voyageur est hissé par ses guides sur les pyramides égyptiennes. L'esprit humain est aussi peu disposé à contempler ces pyramides de sel sans se faire d'autre question qu'à contempler les pyramides d'Égypte sans se demander d'où elles viennent. Comment donc ces pyramides de sel sont-elles construites?

Guidés par l'analogie, on pourrait supposer que parmi les molécules constituantes du sel il y a une invisible population guidée et poussée par quelque maître invisible, qui place les blocs atomiques dans leurs positions respectives. Ce n'est pas là l'explication scientifique, et je ne crois pas non plus que votre bon sens puisse l'accepter comme une explication probable. L'explication scientifique est que les molécules réagissent les unes sur les autres, sans l'intervention d'aucun travail manuel, qu'elles s'attirent et se repoussent à certains points définis et dans certaines directions définies, et que la forme pyramidale est le résultat de ces attractions et de ces répulsions. Ainsi donc, tandis que les blocs des pyramides d'Égypte ont été mis en place par une force qui leur était extérieure, ces blocs moléculaires de sel viennent se placer d'eux-mêmes, fixés à leur place par les forces au moyen desquelles ils réagissent les uns sur les autres.

J'ai pris comme exemple le sel commun, parce qu'il nous est familier à tous; mais presque toute autre substance aurait pu aussi bien nous servir d'exemple. En effet, nous remarquons dans toute la nature inorganique ce pouvoir *formateur*, comme Fichte l'appellerait, cette énergie structurale, toujours prête à agir, pour donner aux particules de la matière une forme définie. Cette énergie existe partout. Les glaces de l'hiver, celles des régions polaires sont le résultat de cette énergie, de même que le quartz, le felspar et le mica, qui constituent nos rochers. Les dépôts de craie sont composés en grande partie de coquillages extrêmement petits, qui sont aussi le produit de l'énergie structurale, mais derrière le coquillage, considéré comme un tout, se trouve le résultat d'un acte formateur plus subtil. Ces coquillages consistent en petits cristaux de calc-spar, et pour les former la force structurale n'avait à sa disposition que les molécules intangibles du carbonate de chaux. Cette tendance de la matière à s'organiser, à revêtir des formes définies, en obéissant à une action définie de la force, existe partout. Elle est dans le sol que nous foulons aux pieds, dans l'eau que nous buvons, dans l'air que nous respirons. En un mot, l'origine de la vie se manifeste dans tout ce que nous appelons la nature inorganique.

Les formes des minéraux, résultant de cette combinaison des forces, varient et présentent différents degrés de complexité. Les savants se servent de tous les moyens pour explorer cette architecture moléculaire. Dans ce but, ils emploient tour à tour la lumière, la chaleur, le magnétisme, l'électricité et le son. La lumière polarisée est un des agents explorateurs les plus utiles et les plus puissants. Quand un rayon de lumière polarisée traverse les molécules d'un cristal, ces molécules réagissent sur la lumière, et le caractère de cette réaction nous permet de comprendre jusqu'à un certain point quelle est la disposition de ces molécules. Ce moyen d'exploration nous indique admirablement, par exemple, les différences qui existent entre la structure intérieure d'une lame de sel gemme et d'une lame de sucre cristallisé ou sucre candi. Nous pouvons présenter ces différences sous la forme de phénomènes de couleur d'une grande beauté, l'action de la force moléculaire étant réglée de façon qu'elle absorbe certains rayons de couleur constituant la lumière blanche, et laisse passer les autres en leur donnant une plus grande intensité.

Laissons maintenant de côté ce que nous sommes accoutumés à considérer comme un minéral sans vie et observons un grain de blé vivant. Quand on examine un grain de blé au moyen de la lumière polarisée, on observe des phénomènes chromatiques semblables à ceux que nous avons remarqués dans les cristaux. Pourquoi? Parce que l'architecture du grain ressemble jusqu'à un certain point à l'architecture du cristal. Dans le grain de blé, les molécules occupent aussi des positions définies, et cet agencement de molécules réagit sur la lumière. Mais qui a assemblé les molécules du grain de blé? J'ai déjà dit, en parlant de l'architecture des cristaux, que vous pouviez, si bon vous semble, admettre que les atomes et les molécules sont placés dans la position qu'ils occupent par une force qui leur est extérieure. Vous pouvez, dans le cas qui nous occupe, admettre la même hypothèse. Mais si, pour les cristaux, vous rejetez l'hypothèse d'un architecte extérieur, je crois que vous êtes forcés de la rejeter encore à présent et d'admettre que les molécules du grain de blé viennent se placer d'elles-mêmes, poussées par les forces qui les font réagir les unes sur les autres. Ce serait une singulière

façon de raisonner que d'invoquer dans un cas un agent extérieur, et de le repousser dans l'autre.

Au lieu de couper notre grain de blé en lames minces et de le soumettre à l'action de la lumière polarisée, plaçons-le dans la terre et soumettons-le à l'action de la chaleur. En autres termes, maintenons dans un certain état d'agitation les molécules du grain de blé et celles de la terre qui l'entoure, car, vous le savez, la chaleur, aux yeux de la science, est un mouvement vibratoire. Dans ces conditions, le grain et les substances qui l'entourent réagissent les uns sur les autres, et le résultat de cette réaction est un édifice moléculaire. Un bourgeon se forme ; ce bourgeon atteint la surface où il se trouve exposé aux rayons du soleil, qu'il faut considérer aussi comme une sorte de mouvement vibratoire. Et de même que le mouvement de la chaleur, communiqué au grain et aux substances qui l'environnent, a fait un tout du grain et de ces substances, de même aussi le mouvement spécifique des rayons du soleil permet à la plante de se nourrir de l'acide carbonique et de la vapeur aqueuse présents dans l'air, de s'approprier les constituants de ces deux corps, pour lesquels elle a une attraction spéciale, et de laisser les autres reprendre leur place dans l'air. Ainsi, des forces sont en activité dans la racine, des forces sont en activité dans la tige, les matières contenues dans la terre, les matières contenues dans l'atmosphère sont attirées vers la plante, et la plante grandit. Tour à tour nous voyons le bourgeon, la tige, l'épi, le grain dans l'épi. Car les forces qui sont ici en jeu agissent en un cycle, qui se complète par la production de grains semblables à celui par lequel il a commencé.

Or, il n'y a rien dans cette évolution qui dépasse nécessairement le pouvoir de notre intelligence telle qu'elle existe. Une intelligence semblable à la nôtre, si elle était seulement suffisamment développée, pourrait suivre cette évolution entière depuis le commencement jusqu'à la fin. Nous n'avons besoin, pour cela, d'aucune faculté intellectuelle entièrement nouvelle. Un esprit suffisamment développé verrait, dans toute cette évolution, un exemple du jeu de la force moléculaire. Il verrait chaque molécule venir prendre la place qui lui appartient, guidée qu'elle est par les attractions et les répulsions spécifiques qui s'exercent entre elle et les autres molécules ; que dis-je, étant donné, le grain et ce qui l'environne, une intelligence semblable à la nôtre, mais suffisamment développée, pourrait tracer à priori chaque pas de l'évolution, pourrait, par l'application des principes mécaniques, démontrer que le cycle doit finir, comme nous le voyons finir, par la reproduction de formes semblables à celles par lesquelles il a commencé. Nous retrouvons ici une nécessité semblable à celle qui guide les planètes dans leur course autour du soleil.

Vous remarquerez que, comme il a été convenu en commençant, j'exprime fortement la vérité. Mais je vais plus loin encore et j'affirme qu'aux yeux de la science, le *corps animal* est tout autant le produit de la force moléculaire que la tige et l'épi de blé, que le cristal ou le sucre. Bien des parties du corps sont certainement mécaniques. Prenez le cœur humain, par exemple, avec son système exquis de soupapes, ou bien prenez l'œil ou la main. En outre, la chaleur animale est la même que la chaleur d'un foyer, les mêmes procédés chimiques président à leur production. Le mouvement animal provient aussi directement de la nourriture, que le mouvement d'une machine provient du combustible qu'on place dans la fournaise. Le corps animal ne crée aucune matière ; il ne crée aucune force. Qui de vous, en pensant, quelle que soit l'ardeur de sa pensée, pourrait ajouter un pouce à sa taille ? Tout ce que nous avons dit de la plante, nous pouvons le redire de l'animal. La force moléculaire porte à la place qui lui est propre chaque particule qui entre dans la composition d'un muscle, d'un nerf ou d'un os. Et, à moins qu'en ces matières on ne nie l'existence de toute loi, à moins qu'on n'introduise l'élément du caprice, nous devons admettre qu'étant donnée, la relation d'une molécule du corps à ce qui l'environne, on pourrait prédire la place que cette molécule occupera dans le corps. Ce n'est pas la *qualité* du problème, c'est sa *complexité* qui constitue la difficulté à l'expliquer, et cette difficulté serait surmontée par la simple expansion des facultés que l'homme possède aujourd'hui. Étant donnée, cette expansion de nos facultés et les connaissances nécessaires sur la force moléculaire, on pourrait déduire aussi rigoureusement et aussi logiquement de l'œuf, l'existence du poulet, qu'on a déduit l'existence de Neptune des perturbations d'Uranus, ou qu'on a déduit la réfraction conique, de la théorie ondulatoire de la lumière.

Vous voyez que je ne déguise pas les choses; je constate ouvertement ce que bien des savants croient plus ou moins positivement. La formation d'un cristal, d'une plante ou d'un animal, est à leurs yeux un simple problème mécanique qui ne diffère des problèmes mécaniques ordinaires que par la petitesse des masses et la complexité des procédés. Voilà un côté de notre double vérité. Examinons actuellement l'autre moitié. Associés à cet étonnant mécanisme du corps animal, nous trouvons des phénomènes non moins certains que ceux de la physique ; mais nous ne pouvons découvrir aucune connexion nécessaire entre ces phénomènes et le mécanisme. Un homme, par exemple, peut dire, *je sens*, *je pense*, *j'aime;* mais comment la *conscience* vient-elle se mêler à notre problème ? On regarde le cerveau humain comme l'organe de la pensée et du sentiment; quand nous sommes blessés, le cerveau ressent la blessure, quand nous réfléchissons, c'est le cerveau qui pense ; c'est le cerveau qui met en mouvement nos passions et nos affections. Essayons d'être un peu plus précis. Je crois que tous les grands penseurs, qui ont étudié ce sujet, sont prêts à admettre l'hypothèse suivante : que tout acte de conscience, que ce soit dans le domaine des sens, de la pensée ou de l'émotion, correspond à un certain état moléculaire défini du cerveau, que ce rapport de la physique à la conscience existe invariablement ; de telle sorte qu'étant donné l'état du cerveau, on pourrait en déduire la pensée ou le sentiment correspondant, ou qu'étant donné la pensée ou le sentiment on pourrait en déduire l'état du cerveau. Mais comment faire cette déduction ? Au fond ce n'est pas un cas de déduction logique. C'est tout au plus un cas d'association empirique. Vous pourrez répondre que bien des déductions de la science ont ce caractère d'empirisme; la déduction, par exemple, qu'un courant électrique circulant dans une direction donnée fera dévier l'aiguille aimantée dans une direction définie ; mais les deux cas diffèrent en ceci, que si l'on ne peut démontrer l'influence du courant sur l'aiguille, on peut au moins se la figurer, et que nous n'avons aucun doute qu'on finira par résoudre mécaniquement le problème ; tandis qu'on ne peut même se figurer le passage de l'état physique du cerveau aux faits correspondants du sentiment. Admettons qu'une pensée défi-

nie corresponde simultanément à une action moléculaire définie dans le cerveau. Eh bien! nous ne possédons pas l'organe intellectuel, nous n'avons même pas apparemment le rudiment de cet organe, qui nous permettrait de passer par le raisonnement d'un phénomène à l'autre. Ils se produisent ensemble, mais nous ne savons pas pourquoi. Si notre intelligence et nos sens étaient assez perfectionnés, assez vigoureux, assez illuminés, pour nous permettre de voir et de sentir les molécules mêmes du cerveau; si nous pouvions suivre tous les mouvements, tous les groupements, toutes les décharges électriques, si elles existent, de ces molécules; si nous connaissions parfaitement les états moléculaires correspondant à tel ou tel état de pensée ou de sentiment, nous serions encore aussi loin que jamais de la solution de ce problème : Quel est le lien entre cet état physique et les faits de la conscience? L'abîme qui existe entre ces deux classes de phénomènes serait toujours intellectuellement infranchissable. Admettons que le sentiment *amour*, par exemple, corresponde à un mouvement en spirale dextre des molécules du cerveau, et le sentiment *haine* à un mouvement en spirale senestre. Nous saurions donc que quand nous aimons, le mouvement se produit dans une direction, et que quand nous haïssons, il se produit dans une autre; mais le POURQUOI? resterait encore sans réponse.

En affirmant que la croissance du corps est mécanique et qu'il existe une corrélation entre nos sentiments et l'état physique du cerveau, je crois avoir constaté la position du matérialiste, dans tout ce que cette position a d'admissible. Je crois que le matérialiste placé dans cette position pourra, en fin de compte, se défendre contre toutes les attaques, mais je ne crois pas que l'esprit humain, restant constitué tel qu'il l'est aujourd'hui, il puisse aller au delà. Je ne crois pas que le matérialiste ait le droit de dire que le groupement de ses molécules et que leurs mouvements expliquent tout. En réalité, ils n'expliquent rien. Tout ce qu'il peut affirmer c'est l'association de deux classes de phénomènes, dont il ignore absolument le véritable lien. Le problème de la connexion du corps et de l'âme est aussi insoluble sous sa forme moderne qu'il l'était avant l'ère des recherches scientifiques. On sait que le phosphore entre dans la composition du cerveau humain, et un courageux écrivain s'est écrié, dans son rude allemand : « *Ohne Phosphor kein Gedanke*. » (Sans phosphore pas de pensée.) Cela peut être ou n'être pas; mais en admettant que nous sussions que c'est la vérité, cela n'éclairerait en rien nos ténèbres. Des deux côtés de la zone assignée ici au matérialiste, il est également arrêté. Si vous lui demandez d'où vient la matière, qui ou quoi l'a divisée en molécules, qui ou quoi a fait une nécessité à ces molécules de se grouper en formes organiques, il ne pourra vous répondre. La science non plus ne peut répondre à ces questions.

Mais si le matérialiste est confondu, si la science reste muette, qui donc pourra répondre? A qui le secret a-t-il été révélé? Courbons la tête et, une fois pour toutes, reconnaissons notre ignorance. Peut-être, avec le temps, ce mystère deviendra-t-il notre savoir. L'évolution des choses sur cette terre n'a été qu'un long progrès. Il y a loin de l'Iguanodon et de ses contemporains aux présidents et aux membres de l'Association Britannique. Et soit que nous considérions ce progrès au point de vue scientifique ou au point de vue théologique, soit que nous le considérions comme le résultat d'un développement progressif ou comme le résultat d'explosions successives de l'énergie créatrice, rien ne nous permet d'affirmer que les présentes facultés de l'homme soient le terme de la série, que le progrès doive s'arrêter à lui. Un temps peut donc venir où cette région ultra-scientifique, qui nous entoure à présent, se déroulera à l'investigation terrestre, sinon à l'investigation humaine. Les deux tiers des rayons émis par le soleil ne peuvent exciter dans l'œil le sens de la vue. Les rayons existent, mais l'organe nécessaire pour leur transformation en lumière n'existe pas. Ainsi, peut-être part-il de cette région de ténèbres et de mystères qui nous entoure, des rayons qui n'attendent plus que les organes intellectuels convenables pour les transformer en connaissances, qui surpasseront autant les nôtres que les nôtres surpassent celles des reptiles qui, autrefois, étaient les maîtres de cette planète. En attendant, le mystère n'est pas sans présenter des avantages. Il peut certainement devenir une force dans l'âme humaine; mais c'est une force qui a pour texte le sentiment et non pas la science. Il peut servir et il servira, espérons-le, à soutenir, à renforcer l'intelligence et à faire sortir l'homme de cette petitesse à laquelle, obligé de lutter pour son existence ou pour sa prééminence dans le monde, il est continuellement enclin.

JOHN TYNDALL.

— Traduit de l'anglais par Ed. BARBIER. —

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. W. ODLING (1)

(De la Société royale de Londres).

Chaleur de la flamme d'oxyhydrogène.

I. — Les combinaisons et les décompositions chimiques produisent des corps nouveaux qui, placés dans les mêmes circonstances, ont généralement une plus grande stabilité que ceux qui leur ont donné naissance. Ce qui le prouve, c'est la quantité de chaleur développée dans la réaction chimique par les corps produits, dont la capacité calorifique est moindre que celle des corps primitifs.

Le raisonnement et l'expérience démontrent que pour détruire les effets d'une action chimique déterminée il faut, directement ou indirectement, dépenser la même quantité de chaleur qu'il en a été dégagé dans l'action primitive.

Si la quantité de chaleur dégagée reste la même, la température qui en résulte varie avec la masse et la nature de la matière chauffée et avec la rapidité du dégagement de la chaleur. Si le dégagement est instantané, la température résultante peut se déduire de la quantité de chaleur dégagée, de la masse et de la chaleur spécifique de la matière chauffée.

On entend par calorie la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un kilogramme d'eau d'un degré centigrade, ou plus exactement de zéro à 1 degré.

II. — Dans 18 grammes d'eau, il y a 2 grammes d'hydrogène H et 16 grammes d'oxygène O; si l'on combine 2 grammes d'hydrogène avec 16 grammes d'oxygène, il se développe 68 calories. De ces 68 calories, un peu plus de 57 sont dues à

(1) Voyez une autre lecture de M. Odling sur l'absorption des gaz par les métaux dans notre tome V, page 27.

la réaction chimique ; près de 11 sont dégagées par la contraction que subissent les gaz mélangés en se réduisant aux deux tiers de leur volume de vapeur, puis par la condensation de la vapeur en 18 centimètres cubes d'eau.

Tandis que la quantité de chaleur dégagée par la combinaison d'une quantité donnée d'oxygène et d'hydrogène reste invariable, l'intensité de la chaleur peut varier depuis une élévation de température à peine appréciable jusqu'à la température la plus élevée du chalumeau à gaz oxyhydrogène.

Un effet très-remarquable de la température élevée résultant de la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène en eau, c'est la décomposition partielle (dissociation) de l'eau en oxygène et hydrogène, fait découvert en 1846 par M. Grove. A cette haute température, les gaz acide chlorhydrique et acide carbonique anhydre subissent aussi une décomposition partielle, le premier en hydrogène et en chlore, le second en oxyde de carbone et en oxygène.

III. — Dans certaines conditions bien connues, l'action chimique ne semble s'exercer que dans une seule direction et produit en aussi grande quantité que possible la substance dont la formation dégage le plus de chaleur. Par exemple, si l'on compte les poids atomiques en grammes, la chaleur que développe la formation du chlorure de zinc $ZnCl^2$ est de 101 calories, et la chaleur que dégage la formation du chlorure de cuivre $CuCl^2$ est de 60,5 calories. Par conséquent, si l'on a du chlore en dissolution avec un excès de cuivre et de zinc, on obtient la plus grande quantité possible de chlorure de zinc et non pas de chlorure de cuivre. Si l'on ajoute ensuite à la dissolution de chlorure de cuivre une quantité suffisante de zinc, le chlore se combine complétement avec le zinc et se sépare du cuivre.

IV. — Mais dans d'autres conditions plus simples, quoique moins connues, l'action chimique s'exerce dans plusieurs directions à la fois : les divers corps possibles se forment alors dans des proportions variées. Ainsi, qu'on prenne de l'hydrogène avec un excès de chlore et d'oxygène : la chaleur que développe la formation de l'oxyde d'hydrogène H^2O est de 57 calories, et la chaleur que dégage la formation du chlorure d'hydrogène n'est que de 47,5 calories ; cependant l'hydrogène ne se combine pas avec l'oxygène seul à l'exclusion du chlore, mais se partage entre les deux corps dans des proportions qui varient avec les conditions de l'expérience.

En conformité avec ce résultat, on constate qu'à la chaleur rouge un excès de chlore décompose partiellement l'eau en mettant l'oxygène en liberté ; et réciproquement, un excès d'oxygène décompose partiellement l'acide chlorhydrique en mettant le chlore en liberté.

Ainsi, en commençant l'expérience, soit avec l'eau et le chlore, soit avec l'acide chlorhydrique et l'oxygène, soit enfin avec l'hydrogène, le chlore et l'oxygène, on obtient, à la chaleur rouge, quatre substances chimiques, l'eau, l'acide chlorhydrique, le chlore et l'oxygène ; la proportion relative des quatre substances dépend certainement de la quantité de chacun des éléments en présence et très-probablement aussi de la température à laquelle se fait l'expérience.

De même que l'on opère avec une seule substance chimique, l'eau (Grove), ou avec deux substances, l'oxygène et l'hydrogène, on obtiendra toujours, à une température suffisamment élevée, de l'eau, de l'oxygène et de l'hydrogène.

Quand on expose à la chaleur rouge le mélange électrolytique d'oxygène et hydrogène, les deux gaz se combinent complétement ou se transforment en eau ; cependant comme l'a montré récemment Bunsen, à la température de 2024 degrés, une moitié seulement du mélange, et, à la température plus élevée encore de 2844 degrés, un tiers seulement subit la combinaison ; l'autre moitié ou les autres deux tiers restent à l'état de mélange.

V. — Les chimistes connaissent beaucoup d'autres réactions réciproques comparables à celles du chlore avec l'eau ou à celle de l'oxygène avec l'acide chlorhydrique ; l'exemple le plus connu, c'est la décomposition par l'hydrogène de l'oxyde de fer chauffé avec mise en liberté du fer, et la décomposition par le fer chauffé de l'oxyde d'hydrogène avec mise en liberté de l'hydrogène. Pareillement, le sodium décompose l'oxyde de carbone, tandis que le carbone décompose l'oxyde de sodium ; et de même qu'un excès suffisant de chlore peut décomposer presque complétement une quantité donnée d'eau, de même un excès suffisant de carbone ou d'oxyde de carbone peut décomposer presque complétement une quantité donnée d'oxyde de sodium ou d'oxyde de zinc ; c'est ainsi, du reste, qu'on prépare ordinairement les deux métaux ; néanmoins, si la quantité d'oxygène consommé est la même, la combinaison du sodium et du zinc dégage beaucoup plus de chaleur que celle du carbone ou de l'oxyde de carbone.

La combinaison de l'oxygène avec l'oxyde de carbone dégage 68 calories, tandis que celle de l'oxygène et de l'hydrogène n'en dégage que 57 ; cependant Bunsen a montré, il y a quelques années, que lorsqu'on a un mélange d'oxygène, d'oxyde de carbone et d'hydrogène, l'oxygène, au lieu de s'attacher exclusivement à l'oxyde de carbone, se partage entre l'oxyde de carbone et l'hydrogène, dans des proportions qui varient avec les quantités relatives des éléments en présence.

WILLIAM ODLING.

— Traduit de l'anglais par I. LEVAILLANT. —

Collége de France.

MÉCANIQUE CÉLESTE (les mardis et vendredis, à dix heures). — M. SERRET (de l'Institut) traitera de diverses questions relatives à la théorie des forces qui agissent en raison inverse du carré des distances.

MATHÉMATIQUES (les lundis et samedis, à dix heures). — M. LIOUVILLE (de l'Institut) traitera de diverses questions d'analyse.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET MATHÉMATIQUE (les mardis et vendredis, à midi). — M. BERTRAND (de l'Institut) traitera des forces réciproques au carré de la distance dans diverses théories physiques, et particulièrement dans celles de l'électricité et du magnétisme.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET EXPÉRIMENTALE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. REGNAULT (de l'Institut) traitera de diverses parties de la physique générale et de la chaleur.

CHIMIE (les mercredis et samedis, à midi et demi). — M. BALARD (de l'Institut) traitera de l'analyse chimique.

CHIMIE ORGANIQUE (les mardis et vendredis, à une heure). — M. BERTHELOT traitera des théories générales de la chimie organique, et spécialement de la théorie des acides ; il exposera les méthodes d'analyse.

MÉDECINE (les mercredis et vendredis, à deux heures). — M. CLAUDE BERNARD (de l'Académie française, de l'Académie des sciences, et de l'Académie de médecine) traitera de la médecine expérimentale.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS INORGANIQUES (les mardis et les vendredis, à deux heures). — M. CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE (de l'Institut), traitera de l'histoire naturelle de l'atmosphère.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS (les mardis et samedis, à deux heures). — M. MAREY, chargé du cours, traitera du mécanisme du vol chez les animaux.

EMBRYOGÉNIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à une heure). — M. COSTE (de l'Institut) traitera de l'ensemble des phénomènes que les animaux présentent dans leur développement.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 2 — 12 DÉCEMBRE 1868

Paris, 11 décembre 1868.

M. Wurtz commence la publication d'un *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, qui sera l'exposé sommaire de l'état actuel de la science d'après les théories nouvelles dont il a été un des promoteurs. M. Wurtz a fait précéder ce dictionnaire d'une introduction étendue, contenant l'histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier; c'est une œuvre fort remarquable par la netteté saisissante qu'il a su apporter dans l'exposition de théories souvent fort complexes. Les divers systèmes s'enchaînent et naissent si naturellement les uns des autres, qu'on suit pour ainsi dire pas à pas la naissance, le développement et les progrès de la théorie atomique qui règne aujourd'hui dans la science, et qu'on pressent pour ainsi dire sa formule définitive et son extension actuelle longtemps avant d'y être amené par l'évolution historique.

Dalton et Davy en posent les premiers fondements. M. Dumas porte un coup mortel à la doctrine dualistique de Lavoisier, — cependant si forte, grâce à l'hypothèse électro-chimique, entre les mains de Berzelius, — par la découverte du fait des substitutions dont Laurent tire aussitôt une théorie qui devient bientôt le système unitaire de son ami Gerhardt. Celui-ci, en se développant, produit la théorie des types, qui avait elle-même des antécédents dans des idées plus anciennes sur les radicaux, et nous arrivons ainsi naturellement à la théorie atomique, qui embrasse tous les systèmes antérieurs et cimente définitivement l'union de la chimie organique avec la chimie minérale renouvelée.

Laurent et Gerhardt occupent une grande place dans cette histoire de la philosophie chimique; leurs noms servent de titre à l'un des cinq chapitres de l'ouvrage, comme ceux de Lavoisier, de Dalton et de Berzelius, et ce chapitre leur est entièrement consacré. La théorie des noyaux de Laurent est la rupture définitive avec la doctrine dualistique et l'avénement des idées nouvelles. Voici comment il l'exposait dans sa thèse inaugurale, en 1837 :

« Qu'on imagine, dit-il, un prisme droit à 16 pans, dont chaque base aurait par conséquent 16 angles solides et 16 arêtes. Plaçons à chaque angle une molécule (un atome) de carbone et au milieu de chaque arête des bases une molécule (un atome) d'hydrogène : ce prisme représentera le radical fondamental $C^{32}H^{32}$. Suspendons au-dessus de chaque base des molécules d'eau, nous aurons un prisme terminé par des espèces de pyramides. La formule du nouveau corps sera $C^{32}H^{32} + 2H^2O$.

» Par certaines réactions on pourra, comme en cristallographie, cliver ce cristal, c'est-à-dire lui enlever ses pyramides ou son eau pour le ramener à la forme primitive ou fondamentale.

» Mettons en présence du radical fondamental de l'oxygène ou du chlore ; celui-ci, ayant beaucoup d'affinité pour l'hydrogène, en enlèvera une molécule : le prisme privé d'une arête se détruirait, si l'on ne mettait à la place de celle-ci une arête équivalente, soit d'oxygène, soit de chlore, d'azote, etc. On aura donc un prisme à 16 pans (radical dérivé), dans lequel le nombre des angles solides (atomes de carbone) sera à celui des arêtes (atomes de chlore et d'hydrogène) comme 32 : 32.

» L'oxygène ou le chlore qui ont enlevé de l'hydrogène ont formé de l'eau ou de l'acide chlorhydrique ; ceux-ci peuvent se dégager ou se suspendre en pyramides au-dessus du prisme dérivé. Par le clivage on pourra enlever ces pyramides, c'est-à-dire que par la potasse, par exemple, on pourra enlever la pyramide d'acide chlorhydrique ; mais cet alcali ne pourra s'emparer du chlore qui est dans le prisme, ou bien, s'il le peut, il faudra nécessairement remettre à sa place une autre arête ou un autre équivalent.

» Enfin on peut imaginer un prisme (radical) dérivé, qui, pour 32 angles de carbone, renfermerait 8 arêtes d'hydrogène, 8 d'oxygène, 4 de chlore, 4 de brome, 4 d'iode, 4 de cyanogène. Sa forme et sa formule seraient toujours semblables à celles du radical fondamental. »

Cette théorie des noyaux n'eut peut-être pas, comme le remarque M. Wurtz, l'influence considérable que la théorie des types devait exercer un peu plus tard sur le développement de la chimie ; mais, si les doctrines postérieures ont plus de précision et de portée, il ne faut pas oublier que pour sortir de l'ornière d'une tradition, c'est le premier pas qui exige le plus grand effort, et la première idée, si imparfaite qu'elle soit, qui marque la plus grande force d'esprit. Du reste, M. Wurtz rend pleine justice au génie de Laurent et de Gerhardt.

« S'il a eu la satisfaction d'assister au triomphe de la plupart de ses idées, Gerhardt ne fut point témoin de la transformation féconde qu'elles ont subie dans ces derniers temps. Il a succombé à quarante ans, suivant de près dans le tombeau son ami et son prédécesseur Laurent.

» Tous deux sont morts jeunes, épuisés par un travail immense et sans avoir rencontré cette faveur populaire qui mène aux honneurs. Ils ne l'ont point cherchée. Aimant la science pour elle-même, ils l'ont abordée par des voies inaccessibles au plus grand nombre. Esprits indépendants, ils ont secoué la poussière de l'école ; cœurs ardents, ils n'ont point dédaigné la lutte, trouvant plus d'opposants que de contradicteurs sérieux, et résistant avec fermeté au plus puissant de ces contra-

dicteurs, à Berzelius. En dépit de l'insuffisance de quelques idées et de certaines exagérations de langage, ils sont sortis victorieux de ces débats, léguant à leurs successeurs un grand exemple et à l'histoire deux noms inséparables. »

En lisant ces lignes, comment ne pas se rappeler que ni Laurent ni Gerhardt ne purent obtenir une chaire à Paris! et que le chagrin de se voir ainsi privés des moyens de propagande accordés si inutilement à tant d'autres a peut-être été pour quelque chose dans leur fin prématurée! Comment ne pas blâmer une organisation scientifique qui permet de confiner de tels hommes dans des positions subalternes, loin du bruit salutaire des chaires publiques qui active l'éclosion des idées aussi bien que leur diffusion!

— Nous publions aujourd'hui la leçon d'ouverture d'un nouveau cours qui vient d'être établi à la Faculté des sciences de Paris, le cours de Paléontologie. Ce n'est point, à vrai dire, un démembrement de la chaire de géologie; car l'étude des animaux fossiles, prise en elle-même, ne doit pas être envisagée au même point de vue que lorsqu'elle sert d'auxiliaire à la géologie. Le géologue cherche avant tout dans les fossiles un moyen de déterminer l'âge d'une roche ou d'un terrain. Le paléontologue, au contraire, doit laisser cette considération au second plan; il doit moins s'inquiéter du gîte d'un fossile que de son organisation et de sa filiation; il doit faire l'histoire des règnes organiques et tracer le tableau de leur développement à chaque période géologique. La création de ce nouveau cours emprunte une importance particulière de la personne et des opinions du savant qui en a été chargé. M. Albert Gaudry est partisan des idées de Darwin sur la transmutation des espèces, et ses travaux ont presque tous été dirigés dans ce sens. La doctrine de l'évolution aura donc son représentant dans l'enseignement officiel de France, où elle ne comptait que des adversaires déclarés. Il faut se féliciter en outre que ce défenseur soit un paléontologue plutôt qu'un zoologiste, car c'est sur le terrain de la paléontologie que le grand problème de l'origine et de la transmutation des espèces peut et doit se débattre avec des faits précis : l'étude des animaux ou des plantes de nos jours y apporte généralement moins d'observations vraiment concluantes que d'idées préconçues et de théories philosophiques. Espérons que ce cours, encore provisoire, — à l'ouverture duquel le ministre de l'instruction publique a voulu assister, — deviendra bientôt définitif, et assurera ainsi au professeur l'indépendance nécessaire pour tracer son programme sans contrôle, et montrer librement quelles clartés nouvelles la théorie de l'évolution introduit dans l'histoire du développement progressif des règnes organiques.

— La Faculté de médecine de Paris a fait ses présentations pour la chaire de thérapeutique, vacante dans son sein par suite de la permutation de M. G. Sée. M. Gubler a été placé en première ligne par 25 voix contre 1 donnée à M. Bouchut; M. Bouchut a été placé en seconde ligne par 15 voix contre 10 obtenues par M. Empis; enfin M. Empis a été placé en troisième ligne par l'unanimité des 25 votants.

— C'est lundi prochain, 14 décembre, que l'Académie des sciences doit nommer un membre dans la section de physique, en remplacement de Pouillet. La section présente en première ligne M. Jamin, professeur à la Faculté des sciences de Paris et à l'École polytechnique. On a placé en seconde ligne, par ordre alphabétique, un certain nombre de candidats; M. Desains, professeur à la Faculté des sciences de Paris, M. Favre, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, M. Bertin, sous-directeur de l'École normale, MM. Janssen, Le Roux, Lissajous et Quet. La discussion des titres, qui a été très-longue, a porté presque tout entière sur M. Favre.

— On met en avant un nouveau nom pour la chaire de physiologie comparée du Muséum, celui de M. Brown-Séquard. C'est, paraît-il, M. Agassiz qui, d'Amérique, a pris cette initiative, qu'il fait soutenir ici par plusieurs de ses amis.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

PALÉONTOLOGIE

COURS DE M. A. GAUDRY (1)

Leçon d'ouverture — L'histoire de la paléontologie

Les races des êtres qui vivent aujourd'hui sont d'une date relativement récente. Avant leur arrivée, des espèces sans nombre ont tour à tour apparu à la surface de notre planète; la science qui a leur étude pour objet s'appelle la Paléontologie.

Cette science ouvre à nos pensées de vastes horizons. Les êtres des temps géologiques présentent une diversité merveilleuse, mais plus merveilleuse encore est l'unité qui se cache sous cette diversité. Saurai-je vous bien peindre les tableaux de la vieille nature? pourrai-je vous faire toucher du doigt les fils mystérieux qui unissent tant de types distincts en apparence? Ceci m'inspire une inquiétude qui est peut-être trop légitime; laissez-moi vous demander d'aider par beaucoup de bienveillance les débuts de mon professorat.

Je n'ai pas à vous raconter l'histoire des progrès de la paléontologie : un de nos plus savants maîtres, M. d'Archiac, s'est voué à ce travail; les gens de cœur et d'esprit lui en sont reconnaissants, car c'est une noble tâche d'employer son talent à faire ressortir les mérites de ceux qui nous ont précédés dans la carrière. Je voudrais cependant regarder avec vous un instant le passé, afin de comprendre où en est arrivée l'étude des fossiles, et ainsi de mieux saisir les obligations particulières qui nous incombent en ce moment.

I. — L'antiquité a eu de très-vagues notions sur la paléontologie. Dans les temps modernes, l'abbé Giraud Soulavie l'a entrevue; mais c'est surtout Georges Cuvier qui en a été le fondateur. En effet, avant lui, la géologie était déjà constituée; on savait que l'écorce du globe est composée de terrains divers, et que dans plusieurs de ces terrains on trouve des ossements de mammifères, des dents de poissons, des coquilles de mollusques, des empreintes de plantes, etc. Ces fossiles étaient regardés comme très-anciens, car on voyait qu'ils étaient pétrifiés, et l'on jugeait bien que le changement d'un végétal ou d'un animal en un minéral ne peut s'opérer promptement; puis, on avait remarqué que souvent les roches fossilifères sont recouvertes par de puissantes couches dont le dépôt a dû exiger un temps très-long. Mais, si grande que fût l'antiquité attribuée aux êtres des temps géologiques, on n'avait pas la preuve qu'ils fussent différents des êtres actuels.

(1) Voyez d'autres leçons de M. A. Gaudry dans notre tome III, pages 74 et 601, numéros des 30 décembre 1865 et 11 août 1866.

entreprit de fournir cette preuve. Il comprit que ver à une opinion définitive, il était nécessaire d'étu- ord les animaux vivants. Voici, par exemple, un Pa- im : avant de savoir si ce fossile diffère du Tapir, il aître le Tapir. Cuvier pensa aussi qu'il devait s'atta- examen des gros quadrupèdes ; car on pouvait lui que les coquilles fossiles de formes inconnues ont reilles encore cachées dans les profondeurs des nais on n'oserait prétendre que, si des bêtes gigan- omme le Mastodonte vivent encore, elles ont échappé ion des voyageurs. Cuvier forma donc la collection gie du Muséum, et quand il eut examiné à fond les iels, il se mit à l'étude des êtres fossiles. Alors il con- ils offraient des différences : que, par exemple, le Pa- im ressemblait par quelques points au Tapir, mais nguait à d'autres égards ; il vit que l'Anoplotherium it encore plus des types vivants. Les démonstrations nettes, que le doute cessa d'être possible.

que moi, messieurs, nos anciens vous diraient l'im- que ces révélations de Cuvier firent, non-seulement nonde savant, mais dans le public. On apprit avec fierté que si l'homme est impuissant à lire dans l'a- moins il saura lire dans le passé : en effet, dans ce e si fécond en admirables inventions, ce n'est pas découvertes les moins inattendues et les moins saisis- ie celle de cette science au moyen de laquelle on re- oire des êtres qui ont précédé la venue de l'homme rre. Assurément je vous exposerai dans ces cours des n différentes de celles de Cuvier, car cet illustre na- croyait à la fixité des espèces ; et aujourd'hui les tra- paléontologues tendent à nous faire penser que les ont des modes transitoires de types qui, sous la direc- divin Ouvrier, poursuivent leur évolution à travers sité des âges. Mais cette différence d'opinion ne sau- s faire cesser d'admirer l'homme qui a le premier route où nous marchons ; en ouvrant un cours de logie, c'est un devoir de reconnaissance de saluer la du fondateur de cette science. Saluons-la donc de eur comme le souvenir d'une gloire française ; et, arrivait de cueillir quelques doux fruits à l'arbre de e paléontologique, n'oublions pas que cet arbre, c'est Cuvier qui l'a planté.

Je viens de rappeler que la première phase de la pa- gie a consisté à prouver qu'avant l'époque actuelle, il e époque caractérisée par des êtres spéciaux. Dans la phase du développement de cette science, les paléon- ont pour but de montrer que les temps géologiques gent en un grand nombre d'époques, ayant chacune ne particulière.

uvier avait cru que les vertébrés fossiles se rapportent es différents :

ge du Mammouth ;

ge du Palæotherium ;

ge des grands reptiles.

ers le même temps, Smith en Angleterre, et Bron- n France, avaient scruté les terrains riches en co- ossiles, et reconnu que les animaux ont été renouvelés grand nombre de fois que ne l'avait pensé Cuvier.

ure que la science se développa, on vit s'accentuer en plus la croyance à la multiplicité des époques d'apparition de faunes. Alcide d'Orbigny surtout formula har- diment la théorie de la succession des êtres. Il supposa qu'il y avait eu 27 époques d'apparitions ; il fit le relevé de tous les animaux mollusques et rayonnés connus de son temps à l'état de fossiles ; il en compta 18 000 qu'il répartit entre les 27 éta- ges suivants :

		Étages.
Époque tertiaire		Subapennin.
		Falunien.
		Parisien.
		Suessonien.
Époque secondaire	Crétacée	Danien.
		Sénonien.
		Turonien.
		Cénomanien.
		Albien.
		Aptien.
		Néocomien.
	Jurassique	Portlandien.
		Kimméridgien.
		Corallien.
		Oxfordien.
		Callovien.
		Bathonien.
		Bajocien.
		Toarcien.
		Liasien.
		Sinémurien.
	Triasique	Salifère.
		Conchylien.
Époque primaire		Permien.
		Carbonifère.
		Dévonien.
		Silurien.

On a reproché à d'Orbigny son idée des 27 apparitions suc- cessives ; cependant cette idée était un réel progrès sur les anciennes opinions et un grand acheminement vers les opi- nions actuelles. Si, en effet, on admet 27 époques d'appari- tions, pourquoi ne pas en admettre 100, pourquoi ne pas en admettre 1000, et de là à la théorie de la création continue, il n'y a qu'un pas. Vous me verrez, messieurs, quelquefois dé- fendre avec ardeur celui qui fut mon premier maître en pa- léontologie, mais je ne peux, sans un mouvement de sympa- thie mêlé de tristesse, penser à d'Orbigny qui, malgré d'immenses ouvrages, a eu tant de peine à faire comprendre sa valeur scientifique, et que la mort est venu nous ravir au moment où ses mérites commençaient à être reconnus. Nul ne peut nier qu'il n'ait été un des principaux promoteurs de la paléontologie française.

D'Orbigny lui-même a montré quelle serait l'irrésistible conséquence de la multiplication des époques d'apparition, car il a subdivisé cinq époques en deux, ce qui, en ajoutant l'époque actuelle, fait en réalité 33 apparitions.

Ce chiffre était tout à fait insuffisant, comme vont le prou- ver quelques exemples : M. Barrande étudie le terrain silurien de Bohême et le sépare en 6 : or, ne croyez pas que ce chiffre 6 veuille dire que, dans la pensée de l'auteur, de nouveaux êtres ont surgi seulement 6 fois pendant l'époque du silurien ; loin de là, M. Barrande a déjà reconnu pendant l'époque de la seconde faune 5 moments marqués par la venue d'espèces distinctes.

Je prends maintenant un exemple dans l'époque secon- daire. D'Orbigny avait scindé le lias en 3 ; M. Ramsay, un des meilleurs géologues anglais, le partage aujourd'hui en 11 ho- rizons caractérisés chacun par l'apparition de nouvelles espè- ces. M. Dumortier, dans l'ouvrage qu'il publie en ce moment

sur la vallée du Rhône, sépare le lias en 9 étages, et ajoute la remarque suivante : « Ces différentes zones, que je ne fais pas plus nombreuses afin de ne pas multiplier les subdivisions, montrent cependant elles-mêmes, pour la plupart, plusieurs niveaux différents, qui se retrouvent avec une grande régularité de superposition partout où le lias a été étudié avec soin. » En vérité, on ne peut proclamer plus nettement la multiplicité des apparitions successives d'espèces.

Le bassin tertiaire de Paris a été étudié par des hommes très-habiles : Lavoisier, Coupé, Cuvier et Brongniart, d'Omalius d'Halloy, Dufrénoy et Élie de Beaumont, Constant Prévost, de Senarmont, d'Archiac, Charles d'Orbigny, Raulin, Delesse, Collomb, et un des hommes que vous aimez le plus à entendre dans cette enceinte, notre savant maître, M. Hébert. Ces naturalistes ont disséqué le sol parisien avec autant de talent qu'aucun anatomiste n'en met à disséquer un corps animal. M. Deshayes a dernièrement utilisé ces travaux en séparant couches par couches les coquilles fossiles qu'il a décrites dans ses grands ouvrages ; il a rapporté les formes tertiaires de nos environs à quatre époques :

Époque des sables supérieurs ;
Époque des sables moyens ;
Époque du calcaire grossier ;
Époque des sables inférieurs.

Or, M. Deshayes admet que des coquilles nouvelles ont apparu 4 fois pendant l'époque des sables inférieurs, 3 fois pendant celle du calcaire grossier, 3 fois pendant celle des sables moyens, 2 fois pendant celle des sables supérieurs. Mais il n'est question ici que des espèces marines ; il faut ajouter au minimum 6 apparitions pour les êtres terrestres ou lacustres qui ont alterné avec les êtres marins : soit un total de 18 apparitions.

Enfin, empruntons un exemple parmi les travaux faits sur les plantes fossiles. M. de Saporta étudie dans le midi de la France une toute petite portion des temps géologiques, et il voit cette petite portion se partager en 5 époques caractérisées chacune par une flore particulière :

Flore de Manosque (Basses-Alpes) ;
Flore d'Armissan (Aude) ;
Flore de Marseille ;
Flore de Saint-Zacharie (Var) ;
Flore d'Aix (Bouches-du-Rhône).

Supposons que les renouvellements d'espèces aient lieu suivant la même proportion pendant l'immensité des temps géologiques, à quel chiffre faudra-t-il en évaluer le nombre ?

En résumé, lorsqu'on cherche à se rendre compte des tendances actuelles de notre science, on tire de son examen les deux conclusions principales que voici :

1° A mesure que les géologues dissèquent avec plus d'habileté l'écorce terrestre, ils la voient se décomposer en un grand nombre d'assises caractérisées chacune par quelques espèces particulières.

2° A mesure que les paléontologues, profitant des lumières des géologues, séparent avec plus de soin les animaux fossiles suivant l'âge auquel ils ont vécu, ils trouvent plus rarement des formes identiques ; mais au lieu de formes identiques, ils rencontrent des formes analogues ou représentatives, comme si chaque mouvement qui s'est produit au chronomètre des âges géologiques avait correspondu à un changement de nuance dans la coloration des paysages du monde.

III. — Ce que je viens de dire m'amène à vous parler de ce qu'on pourrait appeler la troisième phase du développement de la science paléontologique. Ces êtres qui ont apparu tour à tour à la surface de notre terre, quels rapports ont-ils eus les uns avec les autres ? Chaque espèce représente-t-elle une production indépendante de celle qui l'a précédée et de celle qui l'a suivie, ou bien les espèces s'enchaînent-elles ; de telle sorte que les êtres actuels semblent les descendants des êtres d'il y a une centaine de mille ans, et que ceux-ci paraissent avoir eu pour progéniteurs les êtres des plus anciennes époques géologiques ? En d'autres termes, la paléontologie nous montre-t-elle une série d'apparitions plus ou moins instantanées d'espèces distinctes, ou bien plutôt n'est-elle pas une sorte d'embryogénie immense ? N'est-elle pas l'histoire d'une lente évolution qui se poursuit, harmonieuse dans toutes ses phases, depuis les premiers jours du monde ?

L'heure de trancher définitivement cette question n'est pas encore venue, mais nous pouvons au moins travailler à en préparer la solution. Les fondateurs de la paléontologie n'ont pu l'élucider, car, pour discuter sur les enchaînements des êtres, il leur aurait fallu chercher les points de ressemblance ; ils ont dû au contraire s'attacher aux différences. Quel était en effet le dessein de Cuvier ? C'était de prouver que les animaux fossiles se distinguent des animaux actuels ; il a donc été obligé de faire ressortir, non les ressemblances, mais au contraire les moindres différences. Quel était le but des paléontologues qui, depuis Cuvier, ont le plus contribué à constituer notre science ? Leur but était de faire voir que chaque époque a été représentée par des formes particulières : ils y ont merveilleusement réussi ; mais, pour réussir, il a fallu des chefs-d'œuvre d'analyse ; on a dû rechercher les plus légères particularités des êtres d'époques consécutives.

En outre, les fondateurs de la paléontologie n'avaient pas des matériaux suffisants pour étudier les enchaînements des êtres fossiles. Dans la fameuse discussion entre Cuvier et Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, Geoffroy a eu raison (à mon avis du moins) par l'intuition de son génie, mais les faits acquis semblaient donner raison à Cuvier ; c'est pour cela que les meilleurs observateurs, ceux qui avaient l'esprit le plus positif, ont été généralement opposés aux idées de Geoffroy. Du temps de Cuvier, on ne savait pas qu'il y avait eu des singes fossiles d'où ont pu descendre les singes actuels ; on ne connaissait pas d'intermédiaires entre les chiens et les ours, entre les hyènes et les civettes, entre les mastodontes et les éléphants, entre les chevaux et les autres pachydermes ; on ignorait qu'il y a certaines transitions entre les reptiles et les poissons, entre les poissons et les crustacés. Falconer et Cautley n'avaient pas entrepris dans l'Inde les recherches qui ont tant enrichi le British Museum. M. Lartet n'avait pas exploré la colline de Sansan, où tous les représentants du règne animal paraissent s'être donné rendez-vous. M. Kaup avait encore peu fouillé le fameux gisement d'Eppelsheim, qui, parmi tant de restes de quadrupèdes éteints, a fourni le colossal Dinotherium. M. Leidy n'avait point, par l'étude des fossiles du Nebraska, montré les liens qui unissent les faunes d'Amérique et d'Europe. En Angleterre MM. Owen et Huxley, en Allemagne M. Hermann de Meyer, n'avaient point publié leurs vastes recherches sur les reptiles. M. Agassiz n'avait pas commencé ses ouvrages sur les poissons, admirables monuments de la science paléontologique. M. Deshayes n'avait pas donné la description des coquilles tertiaires de Paris. Les

volumes de M. Barrande sur le silurien n'avaient point paru. Le grand paléontologue de Genève, Pictet, n'avait point parlé de Sainte-Croix, cette petite localité des montagnes du Jura qui projette maintenant au loin de si vives lumières. M. Davidson n'avait pas étudié les brachiopodes de tous les temps et de tous les pays. MM. Milne Edwards et Haime n'avaient pas analysé les caractères des polypiers; les micrographes ignoraient encore la polymorphie des foraminifères. MM. Unger, Heer, de Saporta, n'avaient pas exhumé des couches tertiaires mille et mille débris de végétaux. J'omets une multitude de noms, et quelques-uns des meilleurs; je n'en finirais pas, si je voulais, messieurs, vous énumérer tout ce qui a été dépensé de génie depuis la mort de Cuvier pour ressusciter les êtres des générations antiques. On ne peut s'empêcher d'être saisi d'admiration en présence des travaux de ces naturalistes qui, d'une main si assurée, ont rétabli les linéaments de ce qui eut vie autrefois. Et, puisque j'ai l'honneur d'apercevoir dans cette enceinte M. le ministre de l'instruction publique, je lui demande la permission de lui adresser un cordial merci de ce qu'il m'a donné la mission de vous faire connaître les œuvres de tant d'excellents maîtres.

Mais ce n'est pas assez de les admirer, il faut profiter de leurs travaux. Ils ont accumulé des trésors, si bien que nous commençons à connaître l'embarras de la richesse. M. d'Archiac a calculé que les Français seulement ont publié, de 1823 à 1867, cinq mille huit cent cinquante-deux planches de fossiles: ce chiffre est plus éloquent que toutes les paroles pour peindre le mouvement de la paléontologie. Que serait-ce, si l'on ajoutait les travaux faits dans les autres pays? car nos voisins n'ont pas marché moins vite que nous. Chaque jour, de nouveaux fossiles sont tirés des entrailles de la terre. Supposez seulement que nous voyions ressusciter les êtres qui vécurent autrefois sous le ciel parisien: mammifères et oiseaux, reptiles et poissons, insectes et mollusques, rayonnés et plantes. Quels entrelacements d'existences! quelle exubérance dans la variété! La nature actuelle, malgré sa magnificence, nous paraîtrait peu de chose à côté des myriades d'êtres qui se sont succédé depuis l'origine des choses. Comment, non-seulement l'étudiant, mais le savant le plus expérimenté se reconnaîtra-t-il dans ce fourmillement de vie? Si les espèces ont été lancées isolément les unes des autres à travers les temps et les espaces, il sera difficile à l'humaine faiblesse d'en embrasser l'ensemble; mais, si les espèces sont comme des fleurs qui s'épanouissent sur des rameaux communs attachés à un petit nombre de tiges, il suffira de découvrir ces rameaux et ces tiges pour avoir quelque idée du monde organique. C'est pourquoi, messieurs, nous chercherons si l'on peut rencontrer de tels rameaux et de telles tiges; tout en faisant de l'analyse, nous croirons obéir aux nécessités actuelles de la paléontologie en faisant des essais de synthèse.

Sans doute nos efforts seront peu de chose; la science est encore trop peu avancée: nous ressemblerons à des architectes qui veulent construire un grand édifice, mais qui sont obligés d'attendre parce que beaucoup de matériaux ne sont pas apportés au chantier, et qui alors se contentent d'unir çà et là quelques pierres pour les fondations du futur monument. Cependant le peu que nous ferons contribuera, je l'es- [illegible] à jeter quelques charmes de plus sur notre science, car [illegible] des merveilles du monde séduit, étonne, mais parfois fatigue; la recherche de l'unité ne lasse jamais, elle répond à un penchant irrésistible de notre âme.

Je dois, en terminant ce premier entretien, vous dire quels seront les principaux objets du cours de cette année. Si mon but unique était de vous prouver l'évolution des êtres et leurs lentes transformations, je devrais commencer par les temps les plus anciens, et remonter de proche en proche jusqu'à l'époque actuelle. Mais ce cours doit être élémentaire, et, avant tout, offrir un tableau général de la paléontologie aux personnes qui ne sont pas encore familiarisées avec cette science; c'est pourquoi on m'a conseillé de procéder du connu à l'inconnu, c'est-à-dire de partir de l'époque la plus voisine de la nôtre, qui a des êtres presque semblables aux êtres actuels, pour remonter vers les époques les plus anciennes qui renferment des êtres de plus en plus différents.

Je consacrerai donc ma prochaine leçon à l'époque des cités lacustres de la Suisse et des Kjökkenmöddings du Danemark. Dans la leçon suivante, je vous parlerai de l'époque dite époque du Renne, et alors j'aurai surtout à vous entretenir des belles recherches de MM. Lartet et Christy. Ensuite, je vous dirai ce que l'on connaît sur les hommes de l'âge du Mammouth et sur les animaux qui ont été leurs contemporains.

De l'âge du Mammouth, appelé aussi âge quaternaire, je passerai à l'époque tertiaire; j'insisterai sur l'histoire des mammifères de cette époque: singes, carnassiers, proboscidiens, pachydermes, ruminants, cherchant à vous montrer que, lorsqu'on pénètre dans les âges géologiques, on voit se rapprocher non-seulement des espèces, mais encore des genres de mammifères qui, dans la nature actuelle, semblent des types séparés par de grandes lacunes. L'ouvrage que M. Alphonse Milne Edwards publie en ce moment sur les oiseaux nous apprendra que l'ornithologie va aussi fournir une importante contribution à la paléontologie. L'étude des mollusques devra nous arrêter un instant, car le terrain de Paris est très-riche en coquilles fossiles; plusieurs d'entre nous forment des collections de ces coquilles, et par conséquent veulent avoir quelques notions sur leurs types principaux. Il ne faudra pas oublier le peuple des foraminifères, ouvriers microscopiques qui, à force de persévérance, ont composé des assises de l'écorce terrestre, et ainsi méritent toute l'attention des paléontologues. Je terminerai l'étude des êtres de l'âge tertiaire en vous entretenant des importants travaux qui ont été faits sur la végétation de cet âge; les plantes tertiaires ressemblent tellement aux plantes d'aujourd'hui, qu'il est difficile de ne pas supposer qu'elles en sont les ancêtres.

En entrant dans l'époque secondaire, vous contemplerez des scènes différentes de celles du monde actuel: les mammifères y sont rares, chétifs, pour la plupart didelphes, car les classes, ainsi que les individus, revêtent, à leur début, des caractères embryonnaires. Les oiseaux vous offriront peu de traces. En compensation, vous verrez les reptiles prendre un développement dont la nature actuelle ne peut donner aucune idée; nous en rencontrerons partout: dans les airs, des ptérosauriens; dans les océans, des énaliosauriens, et sur la terre, des dinosauriens, géants qui étaient fermes sur leurs jambes comme les mammifères d'aujourd'hui. Les poissons nous fourniront aussi de curieux sujets d'étude: ceux que M. Agassiz a nommés ganoïdes paraissent bien distincts de la plupart des poissons actuels, et cependant vous consta-

terez qu'ils se lient avec eux par d'insensibles passages, comme s'ils en étaient les progéniteurs. Parmi les mollusques, les ammonitidés surtout nous intéresseront par les nombreux exemples d'évolutions qu'ils présentent depuis la droite baculite jusqu'à l'ammonite disposée en spirale serrée.

L'âge primaire vous montrera un monde encore plus éloigné du monde actuel que l'âge secondaire. Là, plus de mammifères, plus d'oiseaux ; vous assisterez à la naissance des reptiles : les animaux appelés ganocéphales semblent établir le passage du type poisson au type reptile. Vous verrez, à une époque un peu plus ancienne, la naissance des poissons, et de même que je vous aurai signalé des reptiles qui paraissent descendre des poissons, je vous citerai des poissons étranges nommés ganoïdes cuirassés, qui, à certains égards, se lient avec les crustacés. En pénétrant encore plus avant dans l'étude des temps primaires, nous ne trouverons plus aucun vertébré, mais nous verrons le règne des articulés. Alors je vous entretiendrai des travaux de M. Barrande sur les trilobites et sur les mollusques nautilidés; ces derniers nous présenteront toutes les transformations depuis les genres les plus simples, *Aphragmites*, *Ascoceras*, jusqu'aux genres compliqués, *Nautilus* et *Goniatites;* en même temps vous remarquerez une série de nautilidés primaires qui correspondent à autant de types des ammonitidés secondaires, comme s'ils étaient les ancêtres de chacun d'eux. Il faudra aussi étudier les plantes qui ont formé la houille. Enfin, je vous dirai quelques mots de l'Éozoon, cet animal rudimentaire qui, ainsi que son nom l'indique, marque l'aurore de la vie. Arrivé au point mystérieux des origines, je résumerai nos remarques sur l'évolution des êtres pour juger de la simplicité et de la beauté du plan qu'a suivi l'Auteur de la nature.

Telles sont, messieurs, les choses que nous tâcherons de voir en étudiant ensemble l'histoire du développement de la vie. Je souhaite qu'en échange de l'honneur que vous me ferez en assistant à ces leçons, je puisse vous communiquer les jouissances que me donne la contemplation des harmonieux enchaînements des temps géologiques.

ALBERT GAUDRY.

ASSOCIATION MÉDICALE BRITANNIQUE

CONGRÈS D'OXFORD

Compte rendu. — La médecine anglaise en 1868. — Les musées scientifiques d'Angleterre.

On doit regretter que la pensée libérale qui a créé pour l'étude des beaux-arts et de la littérature grecque les écoles de Rome et d'Athènes, où le gouvernement français entretient à ses frais l'élite des jeunes artistes et des jeunes professeurs de belles-lettres, n'ait pas été étendue aux sciences naturelles. Quels avantages nos élèves médecins ne retireraient-ils pas d'un voyage entrepris à travers l'Europe savante, d'un séjour à Berlin, à Wurtzbourg, à Heidelberg, à Vienne, à Londres, à Dublin ou à Édimbourg?

Nous étions cinq médecins français venus par hasard et sans mission à ce beau congrès médical d'Oxford : Marey, Duchenne (de Boulogne), Monod, Gimbert et l'auteur de cet article. L'hospitalité britannique, si justement renommée, ne nous a pas fait défaut. Les vieux cloîtres d'Oxford, vides alors, car nous étions au temps des vacances, s'ouvraient devant nous : leurs vastes salles, d'un si grand caractère architectural, changeaient de destination en changeant d'hôtes; ce n'était plus Aristote, mais Hippocrate qui présidait. La théologie, l'exégèse, la philosophie, la linguistique, faisaient momentanément place à l'ardente médecine, la sérénité des dogmes à la lutte des opinions. Cinq cents médecins parmi les plus distingués de l'Angleterre s'étaient réunis dans cette vieille ville, loin du bruit et du mouvement social. Christchurch, Trinity, Wadham College, accueillaient et hébergeaient, comme au moyen âge les couvents et les universités, ces hôtes venus avec confiance. Les chambres des étudiants étaient mises à leur disposition. En 1867, lors de l'Exposition, le ministre de l'instruction publique de France a de même offert l'hospitalité, dans les colléges de Paris, aux instituteurs primaires venus en grand nombre de tous les départements. Mais ce n'est pas le lieu de comparer nos lycées démocratiques et leur hospitalité frugale au luxe aristocratique de la riche université d'Oxford. Les mœurs et les institutions des deux pays diffèrent du tout au tout.

Nos étudiants littérateurs ont cessé de jurer par Aristote ; pour eux la tradition est rompue, l'autorité des anciens discutable, les vieux aphorismes ne sont plus qu'un objet de curiosité historique. Il n'en est pas de même à Oxford : dans une chambre où l'un de nous tenait la place d'un étudiant absent, on voyait, au-dessus de l'appareil à ablution, une pancarte sur laquelle devaient s'arrêter chaque matin les yeux du locataire de cet appartement. On y lisait les catégories d'Aristote : ουσια. προς τι. ποσον. ποιον..... Sur un autre tableau étaient écrits ces mots cabalistiques dont s'est égayé Molière : *Barbara celarent. Darii ferioque. Pnous. Cæsare. Camestras festino. Baroko...*

Ces vieilles formules nous étonnent ; c'est une pure affaire de tradition. Après tout, le mépris de ces antiquités n'est pas la condition indispensable du progrès. L'architecture économique et utilitaire de nos écoles s'accommode moins bien de ce respect un peu suranné pour les errements du vieux monde, que Trinity College, avec ses grandes cours carrées aux murailles gothiques, ses fenêtres à ogives surbaissées, ses petites portes basses cintrées, ses grandes *halles* aux parois lambrissées et les cèdres séculaires de ses jardins.

La réunion de l'Association médicale coïncidait heureusement avec l'inauguration du superbe muséum d'histoire naturelle que l'université pouvait montrer achevé, meublé, pourvu d'une riche collection préparée depuis plusieurs années. Peut-être cette circonstance n'a-t-elle pas été étrangère au choix qui a été fait de la ville d'Oxford pour les assises de l'Association médicale en 1868. Par là l'inauguration a acquis plus d'éclat et s'est faite devant un public particulièrement compétent. Il s'agit en effet d'introduire l'étude de l'histoire naturelle, de l'anatomie, de la physiologie, dans une université où il n'y a pas de collége médical. C'est une idée raisonnable, saine, conforme au progrès ; il ne faut point laisser une pareille lacune dans l'éducation des jeunes gens, quelle que soit d'ailleurs la carrière qu'ils doivent embrasser.

Le muséum d'Oxford est un monument nouveau et non une vieille maison adaptée tant bien que mal, ainsi que cela se voit dans d'autres pays, à une destination nouvelle et imprévue. Bichat faisait ses cours dans une église abandonnée ; notre École pratique de dissection est logée dans un couvent. La

plupart de nos colléges ont été conquis sur les moines; il en est de même de quelques-uns de nos hôpitaux. La société nouvelle est entrée dans de vieux édifices souvent mal commodes, et s'y est installée comme l'islam à Sainte-Sophie. Il est à coup sûr préférable de modeler l'extérieur sur l'intérieur, de faire à la science un revêtement conforme à sa structure propre et à ses besoins. Le luxe en pareille matière n'est pas nécessaire; un établissement scientifique doit être avant tout utile et ne pas servir à la décoration d'une ville: c'est une chose sérieuse et non un objet de vain étalage. Sur ce point, les hommes de progrès seront d'accord avec les gouvernements; il ne faut pas d'ailleurs que la science menace trop fortement le budget; elle n'en est qu'à l'humble requête, et elle ne s'impose encore ni à l'admiration des masses ni à l'esprit des corps politiques. Aussi ne louerai-je qu'avec modération les splendeurs architecturales du muséum d'Oxford, ses toits pointus, ses fenêtres en style moyen âge, ses arceaux, ses colonnes de marbre vert, rouge, jaune, noir, ses chapiteaux finement sculptés, son pavage en mosaïque. On ne connaît pas à Oxford les monuments d'ordre municipal; il n'y a pas d'architecture actuelle, on retourne au XVI[e] siècle; le nouveau ressemble à l'ancien: c'est un parti pris qui peut se justifier.

L'université a fait presque seule les frais de ce monument, et, dépassant la période de modération et de timidité où nous sommes maintenus en France, elle a inauguré bravement son palais scientifique, montrant, par le luxe et le grand air de ses bâtiments, l'estime où ce culte nouveau est parvenu en Angleterre. L'émulation existe de peuple à peuple; les Allemands ont construit de grands et beaux laboratoires, les Anglais ne veulent pas rester en arrière. Nous ferons de même en France, si les intentions libérales du ministre de l'instruction publique, déjà passées en partie dans la pratique, peuvent surmonter les difficultés d'un budget où la toge le cède par trop aux armes.

Le muséum est construit sur une vaste esplanade; c'est un énorme quadrilatère flanqué d'élégants bâtiments annexes. Les arêtes sont de pierre blanche, le fond de brique; les fenêtres sont ogivales. L'aspect général en est grandiose. Les quatre bâtiments accolés qui forment le quadrilatère ont une médiocre épaisseur; ils renferment la bibliothèque, les cabinets de physique et de démonstration, les amphithéâtres. La cour intérieure est couverte d'une toiture vitrée que soutiennent des colonnettes de fonte couplées quatre à quatre et supportant d'immenses arceaux de fer de forme ogivale. C'est une véritable halle, une gare, un immense vaisseau où pénètre largement la lumière. C'est là que sont disposées surtout les collections. Au rez-de-chaussée et au premier étage règnent des galeries ou cloîtres à jour ornés de colonnettes de marbres de diverses couleurs; on en compte quarante en bas et cent au premier étage.

Les chapiteaux de ces colonnes sont sculptés et reproduisent les principaux types de minéraux, d'animaux ou de végétaux, correspondant à la classe dont les représentants sont exposés dans cette partie du bâtiment. De grandes statues de pierre complètent l'ornementation de cette salle: nous avons lu sur les socles les noms de Newton, Davy, Watt, Buckland, Leibnitz. Quant aux collections, elles sont un diminutif de celles qu'on admire au British Museum. D'immenses sque-[illegible] d'animaux appartenant à des types existants ou disparus [illegible]t au milieu de cette large salle, et frappent d'abord les yeux. La collection paléontologique est importante. L'anthropologie a là ses vitrines où sont disposés méthodiquement les divers types de l'espèce humaine. L'ornithologie, l'entomologie, sont très-richement représentées, ainsi que les reptiles et les mollusques. Dans les galeries du premier étage, sont placées les collections de fossiles, reptiles, ichthyosaures et plésiosaures, poissons, coquillages, plantes (fougères), zoophytes. Une salle latérale renferme une collection particulière et très-précieuse d'insectes rangés et entretenus avec le plus grand soin; dans cette salle de nombreux albums et dessins sont tenus à la disposition du public. On y voit les bustes des grands naturalistes français: Cuvier, Réaumur, Latreille. Des cabinets ouverts seulement aux médecins renferment des objets d'anatomie ou de pathologie d'une nature spéciale. Des vitrines contiennent des instruments de physique, d'optique, d'électricité, d'acoustique, de cinématique. Nous y avons reconnu plusieurs appareils délicats portant le nom de Kœnig.

Parmi les dispositions particulièrement heureuses qu'on remarque dans ce muséum, il faut signaler de petits cabinets ouverts par le haut, fermés par un rideau, et où sont rangés tous les appareils animaux des diverses fonctions: ici la respiration, la circulation; ailleurs la digestion; toute la série est représentée depuis les animaux géants jusqu'aux microscopiques. Les préparations renfermées dans des bocaux, bien entretenues et admirablement disposées, sont sous la main de l'observateur; il peut les prendre et les porter à son œil: des loupes, des microscopes sont là, à sa disposition. Il y a aussi dans ces petits cabinets un catalogue bien fait, et des planches, des dessins, des explications de toute sorte. L'observateur peut s'asseoir, écrire, prendre des notes, s'installer à son aise. Voilà qui est pratique, bon, *réel*. Supposons qu'une préparation soit soustraite, détruite: n'en peut-on pas faire une semblable? est-ce chose si difficile à remplacer? Il y a des pays où le public est tenu pour suspect, et où l'on aime mieux laisser pourrir une collection que d'y laisser toucher; où l'on n'a pas la faculté de s'arrêter, de voir à son aise, où les gardiens des musées traitent militairement les visiteurs. Ces pays sont arriérés. Liberté, libéralité, ces deux mots devraient être inscrits au fronton de tous les musées.

Le muséum d'Oxford contient un grand nombre de spécimens géologiques, des coupes de terrains, des tableaux et des cartes tendues sur les murs. Cet usage des tableaux géologiques, géographiques, paléontologiques, est général en Angleterre; il s'étend même à l'instruction primaire. Les écoles du peuple en sont largement pourvues; c'est l'éducation par les yeux. Il ne devrait y avoir nulle part de *murs nus* dans les écoles ni dans les colléges.

La bibliothèque du musée est à elle seule un objet digne des plus grands éloges: c'est une grande et riche collection de tous les ouvrages traitant de l'histoire naturelle. Elle provient d'un don, et elle s'accroît chaque jour par des donations nouvelles. Elle est bien installée, et présente une disposition avantageuse pour l'étude; les catalogues sont tenus à la disposition du public, et l'on fait tout pour y attirer les visiteurs et pour les retenir par le charme d'une étude facile et d'une installation confortable.

L'Association médicale donnait, dans la soirée du 5 août, une fête scientifique dans ce beau muséum. Les dames y assistaient en grand nombre, mêlées aux savants, aux professeurs revêtus de la grande robe et de la toque carrée. On parcourait la grande halle, les amphithéâtres où se faisaient quel-

ques exhibitions scientifiques, les galeries à jour, où soixante microscopes montraient de délicates préparations d'histologie, données par le professeur Beale. Cette foule distinguée, élégante, mêlée à cet immense assemblage de tout ce que la terre a produit, fière de cette inauguration nationale, offrait un spectacle attachant. Je ne sais si quelque scrupule arrête ici le lecteur; en tout cas, je m'empresse de dire que nul objet indécent ne pouvait attirer le regard; que ce musée n'est pas médical, qu'il est destiné à des gens du monde, à des littérateurs, des théologiens; que les jeunes gens, les enfants mêmes y circuleront. En Angleterre, les enfants et les femmes vivent beaucoup dans les musées; c'est une préoccupation générale, dans ce pays, que l'instruction des masses, et l'histoire naturelle y est beaucoup plus populaire qu'en France.

Les lieux de plaisir et de distraction, comme Sydenham-Palace, offrent au visiteur, à côté d'un concert monstre ou d'un exercice de trapèze, l'exhibition du monde entier en miniature. On y voit l'Égypte et ses palais de granit, la Grèce et ses temples en ruines, l'Asie. Le monde antédiluvien apparaît reconstruit, et le mastodonte se montre au milieu des grandes fougères. Les types de l'humanité, les costumes, les instruments de guerre, de pêche, de chasse de tous les pays sont là exposés. On multiplie ces musées, et ce n'est pas l'État seul qui en est le promoteur; l'industrie privée y trouve son compte : ce sont des entreprises utiles au peuple en même temps que ce sont de bonnes affaires pour ceux qui les exploitent.

Le British Museum est le plus beau spécimen de cette sorte d'exposition permanente de l'histoire du monde physique et de l'histoire de l'humanité par les monuments, par les outils et les œuvres artistiques, classés d'après leur date à travers les âges. Le public y afflue, et les enfants y sont introduits par troupes, allant çà et et là où les portent leur caprice et les progrès successifs de leur esprit; passant d'abord volontiers leur temps à faire l'inventaire de ces milliers d'oiseaux aux riches couleurs, de ces poissons en nombre prodigieux; visitant les insectes, examinant les produits de l'industrie des bêtes; de là se répandant dans ces salles où les fougères antédiluviennes apparaissent à côté des plésiosaures sculptés dans la houille; puis regardant ces vitrines où la géologie et la minéralogie étalent leurs produits les plus attrayants, utiles ou beaux. Et lorsque l'âge vient, la vue de ce musée ethnographique, de ces salles consacrées à l'anthropologie, à l'histoire de l'homme, offre un attrait plus grand; puis vient le goût de l'antiquité grecque, romaine, assyrienne, égyptienne. Sans doute, si l'enfant, si l'homme illettré qui passe devant ces chefs-d'œuvre n'est pas né artiste, il ne le deviendra pas devant l'œuvre de Phidias elle-même; mais du moins il apprendra là le prix des belles choses, il comprendra la gloire qu'une nation retire de leur possession. L'Angleterre est une laborieuse fourmilière qui se répand sur le monde et ramène tout à son centre.

Il ne faut pas s'étonner de ce spectacle de femmes parées en toilette de bal et regardant au microscope la cellule nerveuse et la fibre musculaire. Ces femmes seront dignes de vivre côte à côte avec des hommes de science; dans cette soirée, elles en auront plus appris sur l'histoire naturelle en se jouant au milieu de ces galeries savantes, au contact de cicerone illustre, maris ou frères, qu'on ne leur en avait enseigné pendant toute leur première éducation. Ce sont là des plaisirs qui ont aussi bien leur poésie que ces vaines futilités où se plaît la société élégante et désœuvrée. Or, cela se produit où? En Angleterre, dans la prude Angleterre, et au cœur de la vieille nation : à Oxford! C'est là que se marque bien le progrès envahissant de la science. La science a sa magie; et elle est aussi une religion, elle a déjà ses temples. Le temps est passé de la sainte ignorance et de l'obscurantisme systématique. L'humanité a soif de connaître, et elle commence par se connaître elle-même. Y a-t-il rien de plus imprudent que d'ignorer son propre mécanisme et celui de tout ce qui vit à côté de nous? Quels dangers dans cette ignorance! Au contraire, y a-t-il aucun danger dans la science usuelle de nous-mêmes? Telles étaient les réflexions que faisait naître en nous la vue de cette belle fête de la science.

L'Association médicale a payé, en 1868, un large tribut à la médecine, à la physiologie, à la physique et à l'anatomie. Les communications ont eu pour objet de faire connaître des faits nouveaux; le ton général de ces communications a été purement scientifique. Des hommes d'un mérite éminent présidaient à ces lectures, et il n'y avait point apparence que les sujets traités pussent être au-dessous de la dignité de l'assemblée.

Nous ne donnerons pas l'analyse complète de ces communications scientifiques, qui ont paru, soit *in extenso*, soit abrégées, dans un grand nombre de recueils scientifiques et de journaux en Angleterre; nous en traduisons seulement quelques fragments extraits de la *Lancet* :

— M. J. Paget : « Du bégayement dans d'autres organes que ceux de la parole. » Le caractère essentiel du bégayement est le défaut d'accord entre les muscles expulseurs et les muscles dont le relâchement est nécessaire pour que l'action des premiers s'accomplisse. Ce désaccord s'observe dans certaines maladies des voies urinaires et des premières voies (déglutition). La classification des différentes variétés de ce trouble fonctionnel et leur traitement ont été exposés dans cette lecture que nous publierons incessamment.

— Docteur Mac Donnell (Dublin) : « De la prétention réciproque de Bell et de Magendie à l'honneur d'avoir découvert les fonctions des racines des nerfs spinaux. » Le docteur Mac Donnell a été amené à examiner de près cette question, par suite des observations récemment faites par MM. Vulpian, Claude Bernard et d'autres physiologistes, qui, contrairement à l'opinion généralement reçue en Angleterre et sur le continent, réclament pour Magendie le mérite de cette découverte. Quelque satisfaction que les physiologistes anglais dussent éprouver à conserver un pareil honneur pour un de leurs compatriotes, ils ne sauraient cependant écouter en un pareil sujet que le sentiment de l'équité et de la vérité historique. Après avoir analysé les écrits de Bell, l'auteur est arrivé à reconnaître qu'antérieurement à 1822 (époque où Magendie fit ses expériences et en publia les résultats), les écrits de Bell ne contiennent aucune indication propre à faire penser qu'il considérât les racines postérieures comme sensitives et les antérieures comme motrices. M. Mac Donnell attribue à Magendie le mérite d'avoir démontré ce fait capital par la physiologie expérimentale. Ce n'est qu'avec beaucoup de difficulté que le professeur a pu se procurer le célèbre pamphlet de Bell, de 1811, imprimé pour être distribué seulement à ses amis.

En ayant obtenu communication, grâce à la bienveillance du professeur Turner (d'Édimbourg), M. Mac Donnell soumit cette pièce au jugement impartial de plusieurs personnes compé-

tentes : toutes sont tombées d'accord que dans ce pamphlet où Bell et ses défenseurs exposent leurs prétentions à la priorité de la découverte, on ne trouve absolument rien qui indique qu'ils connaissent les véritables fonctions des racines nerveuses.

— M. J. Birkett : « Sur la mortalité par les hernies abdominales, et les moyens de la diminuer. » L'auteur extrait du Registre général la preuve que la mortalité par suite de hernie s'élève, pour Londres à 149, et pour toute l'Angleterre à 826 par année. Les causes de la mort sont attribuées à la prostration, à la péritonite et à la lésion des intestins; le remède serait dans le taxis pratiqué à temps et avec prudence.....

— M. G. Southam : « Des résultats des opérations de lithotomie faites à l'Infirmerie royale de Manchester de 1853 à 1868. » La statistique porte sur 38 cas de lithotomie propres à l'auteur. Le succès a été obtenu dans tous les cas, sauf chez un vieillard de soixante-dix-neuf ans, atteint d'une hypertrophie de la prostate. Chez ce malade, le calcul pesait deux onces et était formé d'oxalate de chaux et d'acide lithique..... L'auteur justifie la préférence qu'il accorde à la lithotomie sur la lithotritie, et donne les préceptes suivants comme utiles au succès de l'opération : « Afin d'obvier à la difficulté qu'on rencontre quelquefois pour trouver l'urèthre, il faut, suivant les âges, modifier la direction imprimée au bistouri. Le bassin des enfants étant plus petit et placé plus obliquement par rapport à la colonne vertébrale que celui des adultes, la vessie peut être considérée comme un organe abdominal dans la première partie de la vie, et qui s'enfonce de plus en plus dans la cavité du bassin à mesure que celui-ci prend de l'accroissement. Pour tomber juste sur l'urèthre chez les enfants, il faut diriger la pointe du bistouri obliquement par rapport à l'arcade pubienne, tandis que chez l'adulte il faut diriger l'instrument horizontalement..... »

— Docteur Braxton Hicks : « De la transfusion par un nouveau procédé. » L'auteur commence par faire remarquer le peu d'extension qu'a pris cette opération et qu'il attribue à diverses causes : 1° l'insuccès habituel résultant de l'impossibilité d'avoir toujours sous la main l'appareil nécessaire; la tendance à différer l'opération jusqu'au dernier moment; la difficulté de reconnaître le moment opportun ; 2° les difficultés de l'opération résultant de la situation du sujet et de la tendance à la coagulation du sang qu'on veut injecter, circonstance des plus dangereuses. Le docteur Hicks a combattu ce danger par l'emploi d'une solution de phosphate de soude mêlée au sang injecté. Après avoir fait des essais sur les animaux, il a pratiqué trois fois la transfusion chez des femmes à la suite de l'accouchement.....

Des causes et du traitement de la pierre chez les enfants, par le docteur Smith.

Injections hypodermiques, par M. J. Harrison.

De l'éducation médicale en Angleterre et à l'étranger, par le docteur Oppert.

Démonstration des appareils enregisteurs du mouvement, avec application à la physiologie et à la médecine, par Marey.

Nous aurions pu insérer ici des extraits des divers discours prononcés à Oxford, et où se peint bien l'état de la médecine en Angleterre, surtout au point de vue doctrinal. Le discours du docteur Rolleston renferme un exposé de la physiologie très-savant et de toute façon intéressant.

Nous avons dû borner nos désirs, et, à titre d'exemple pouvant montrer quel est le libéralisme de l'esprit médical en Angleterre, nous avons donné ici la traduction presque entière des discours prononcés à l'inauguration du congrès par le docteur Acland, président annuel (1), et par le docteur Gull (2).

La plupart des questions que nous considérons comme vitales sont traitées dans le discours du docteur Acland avec une grande franchise et une remarquable élévation de vue. La science y garde sa place avec dignité en face des dogmes, et ne cède pas à ceux-ci un terrain qui lui appartient. Ce discours est modéré, calme, et contient d'utiles enseignements.

P. Lorain,
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris.

M. W. GULL

La médecine clinique contemporaine

Sommaire. — Imperfection de la médecine clinique, son autonomie vis à vis des autres sciences, son rôle. — Les maladies des vieillards et celles des enfants. — L'ataxie locomotrice. — Les cordons postérieurs de la moelle. — Relations des diathèses tuberculeuse, cancéreuse, syphilitique. — Les fièvres. — La dépuration. — Les maladies toxiformes. — La fièvre rhumatismale et les sécrétions cutanées. — Le diagnostic. — Le choléra et la diphthérite. — L'embolie. — L'hygiène et la thérapeutique. — La température du corps, sa signification médicale. — Impuissance et utilité de la médecine.

Messieurs, je ressens vivement l'honneur et la responsabilité de la situation que vous avez bien voulu m'assigner, en me chargeant de vous exposer en ce jour l'état présent de la médecine clinique. Ma tâche est difficile, non-seulement en raison de ce que je parais devant un auditoire d'élite, mais aussi à cause de l'imperfection de nos connaissances relativement au sujet sur lequel je dois parler.

Vous avez entendu, non sans profit, plusieurs discours sur la physique et la physiologie ; c'est que les savants auteurs de ces communications vous apportaient des faits satisfaisants pour l'esprit et susceptibles, en général, de démonstration. Mon rôle est plus difficile, car je dois commencer par déclarer que le sujet de mon discours touche aux confins des connaissances humaines, et que trop souvent, en clinique, les efforts les plus généreux de l'observateur tendent seulement à atteindre une faible probabilité, en présence de faits incertains ou même temporaires.

La médecine clinique, bien que formant une branche spéciale de nos connaissances, est si intimement liée aux autres sciences, qu'il semble qu'elle tienne tout de celles-ci et ne garde rien par-devers elle-même. C'est là, à mon sens, l'erreur de l'école actuelle. On peut même affirmer hardiment qu'un homme peut réunir en son cerveau tout ce que renferment les autres sciences, et ne pas savoir un mot de la médecine clinique. De même que les physiologistes conviennent que les fonctions des tissus vivants ne sont point expliquées par leur composition chimique, et que les chimistes eux-mêmes doivent admettre qu'isomérisme n'équivaut pas à qualités chimiques ; ainsi les médecins cliniciens savent que les phénomènes morbides ne sont pas expliqués par la connaissance des tissus sains, ni par les fonctions physiologiques des organes. Le travail clinique existe par lui-même, autant

(1) Voyez le discours de M. W. Acland dans notre tome V, page 777, numéro du 7 novembre 1868.

(2) Voyez le discours de M. Gull à la suite de cet article.

qu'une forme de la vie organique peut être considérée isolément des autres. Il est séparé, tout en ayant les plus intimes relations, avec tout ce qui l'entoure. La clinique emprunte ses lumières à la physique, à la chimie, à la physiologie, bien qu'elle ne soit pas englobée par ces sciences, du moins quant à présent.

A l'époque d'Hippocrate, il fallait affranchir l'étude des maladies des entraves de la superstition ; aujourd'hui nous devons la protéger contre les assauts de la science, et faire bonne garde, de peur de la trahir, en permettant que la chimie ou la physique n'imposent à ses conceptions des bornes trop étroites.

Nous devons, sans doute, contempler avec une grande satisfaction de telles incursions des sciences collatérales dans le domaine de la médecine, et espérer qu'à la longue la médecine n'aura plus d'existence séparée ; mais la réalisation de cette espérance est encore fort éloignée. Heureusement l'extension de l'esprit humain dans l'ordre des sciences naturelles est telle, que chaque jour nous ouvre des régions inconnues, et que l'ancien monde doit se dilater pour faire place au nouveau.

Autrefois les médecins étaient obligés de savoir tout ce qui constituait les sciences accessoires à la médecine ; aujourd'hui, cela ne serait plus possible. Leur devoir, aujourd'hui, consiste à donner un caractère exact et scientifique à la partie limitée de la science dont ils restent chargés, à poursuivre l'investigation des phénomènes morbides avec cette attention scrupuleuse qui est nécessaire à toute recherche physique, et en se servant de tous les moyens qui leur viennent en aide, grâce aux progrès constants de la science moderne.

Il ne faut pas méconnaître cependant que la science elle-même est susceptible d'avoir ses moments de dogmatisme, et, en nous éblouissant par l'éclat de quelques faits particuliers, de nous faire perdre de vue notre but principal. Combien de fois la médecine n'a-t-elle pas été ainsi détournée de sa véritable route ? Une découverte en physique a fait de nous, pour quelque temps, des piles électriques, et, à un autre moment, une découverte en chimie nous a réduits au rôle de machines oxydantes. Aujourd'hui nous poursuivons notre œuvre sans nous laisser entraîner par aucune théorie exclusive, prêts à porter l'investigation partout où elle est possible, et nous sommes en garde contre toute conclusion prématurée. Nous n'avons point de doctrine à défendre, pas de dogmes à protéger ; nous n'avons point à cacher notre ignorance, nous la confessons ; nous ne sommes préoccupés que de la pensée de poursuivre la vérité à l'aide de la lumière de la science et de l'expérience. Ceux dont l'œuvre est entièrement accessible aux démonstrations expérimentales sont enclins à méconnaître les difficultés que nous avons à combattre et l'intensité du travail intellectuel qu'exige en cette matière la poursuite du moindre succès.

Lorsque je demande pour la médecine clinique le droit d'être considérée sans conteste comme une branche spéciale de la science, je n'oublie pas les obligations qui nous incombent, ni que la clinique renferme des problèmes qui jusqu'ici paraissent encore bien éloignés d'une solution scientifique. On ne saurait espérer, même dans l'état florissant où se montrent les sciences, et encore moins dans l'avenir, de pouvoir les embrasser même superficiellement, en même temps qu'on étudie la médecine. Et pourtant nous ne pouvons aujourd'hui nous passer de cette double connaissance. Aussi devons-nous donner à résoudre nos difficultés physiologiques aux physiologistes, et nos questions chimiques aux chimistes, et admettre qu'il nous reste encore un champ d'études illimité, si nous voulons chercher les causes et déterminer le caractère des maladies. Ce n'est pas à dire pour cela que le médecin doive négliger la chimie et la biologie et se vouer exclusivement à l'étude limitée des phénomènes morbides : plus d'un exemple prouverait bien vite l'impossibilité de réussir dans cette voie.

Tandis que le biologiste recherche les relations qu'ont entre elles les diverses formes des êtres vivants, et brise une à une toutes les barrières qui les séparent, arrivant, en dernière analyse, à les fondre dans un plan commun d'organisation, le médecin clinicien, au contraire, n'a en vue qu'une forme spéciale de la vie. Son objet n'est pas l'ensemble de l'humanité, mais un individu isolé de l'espèce humaine et sur lequel toute son attention doit se concentrer. La souche dont il provient, les circonstances au milieu desquelles il est né, son âge, les maladies qu'il a eues, ses habitudes, tels sont les sujets que doit examiner le médecin, et desquels il doit faire jaillir des éclaircissements sur le problème de la maladie actuelle.

La médecine est chose spéciale, mais il ne faut pas l'entendre d'une façon étroite. Nous devons analyser et disséquer, ce qui vaut mieux en pratique que de faire des abstractions : « *Melius est naturam secare quam abstrahere...* » (Bacon, *Novum Organum*). Or, ce n'est pas l'individu seulement que nous avons à isoler pour l'étude de la clinique ; notre enquête doit porter en outre sur la vie de chaque organe et de chaque tissu. Chacun d'eux a sa vie propre, et en conséquence sa tendance propre à certaines maladies, ainsi que ses remèdes particuliers ou spécifiques.

Pour le clinicien, le corps de l'homme est comme un musée d'anatomie pathologique. Dans chaque partie, nous reconnaissons certaines dispositions à une action morbide ; notre but est d'indiquer ces dispositions et de rechercher les causes et les effets. L'histologie et l'anatomie agrandissent chaque jour cette partie du domaine médical, et la pathologie comparée, en montrant la similitude des lésions dans les organes similaires des divers animaux, nous apporte un contingent précieux.

Abercrombie a été un des premiers à indiquer que les affections paralytiques de la vieillesse étaient dues à l'altération sénile des tissus ; et, plus récemment, on a compris dans la même catégorie les affections convulsives qu'on observe chez les gens sains, du reste, mais avancés en âge.

L'attaque épileptique des vieillards est une preuve d'affaiblissement fonctionnel, comme l'attaque d'apoplexie est une preuve d'un affaiblissement des tissus. Tandis que l'activité fonctionnelle et l'accroissement des organes chez les enfants contrastent avec la décadence de ces mêmes organes chez les vieillards, il y a au contraire, en quelque sorte, une similitude entre les maladies de ces deux périodes extrêmes de la vie. Dans la première, l'organisme n'a pas acquis toute sa force ; dans la seconde, il la perd. Les convulsions infantiles et les convulsions séniles, la diarrhée infantile et la diarrhée sénile, l'eczéma infantile et l'eczéma sénile, les dépôts d'acide urique dans l'enfance et la vieillesse, sont des faits qui viennent confirmer cette manière de voir.

Cependant le temps, agissant différemment sur les différentes parties de notre organisme, opère une sorte de dissec-

tion qui, mettant à nu la faiblesse de nos organes ou de certaines parties de ceux-ci, les expose à des maladies qui n'ont pas toujours de nom propre, mais que nous désignons par leurs principaux symptômes. Cette marche vers la décadence, due aux seuls progrès du temps, se montre à chaque période de la vie, suivant la constitution du sujet. La dégénérescence graisseuse de la fibre musculaire, survenant chez les enfants dans certaines familles, est une preuve de ce fait, et nous en avons un plus frappant exemple encore dans cette forme d'atrophie musculaire progressive qui a son origine dans l'atrophie primitive des rameaux nerveux, également chez les jeunes sujets. La sénilité partielle peut atteindre de jeunes tissus, comme l'éphémère apparait et meurt en un jour. Mon attention a été fixée depuis longtemps sur ce sujet et à mesure que je passais en revue tous les faits relatifs à l'ataxie locomotrice. L'état du système nerveux qui donne le plus souvent lieu à cette forme d'instabilité dans la marche, c'est, à proprement parler, un état de décadence, comme la calvitie précoce, l'embonpoint exagéré, ou la formation de l'arc sénile de la cornée. Cela se rencontre aussi chez des individus de certaines familles dans lesquelles existent des dégénérescences nerveuses d'une autre espèce. Quelquefois ce sont les hommes seuls, et non les femmes, qui en sont atteints, vers l'âge moyen de la vie; et s'il est permis de tirer des conclusions de quelques observations qui ont été faites *post mortem*, ces troubles fonctionnels sont en rapport avec la dégénérescence des cordons postérieurs de la moelle; cet état n'est pas limité exclusivement à ceux-ci, mais accompagné de lésions de même espèce dans d'autres parties de la moelle et dans le cerveau lui-même.

Mes amis Lockhart, Clarke et Hughlings Jackson professent l'opinion émise pour la première fois par Duchenne, et adoptée ensuite par Trousseau, que cette ataxie locomotrice est due à une maladie de la moelle épinière seule. Quant à moi, je suis disposé à penser qu'on est arrivé à cette opinion en se dirigeant, sans en avoir conscience, dans la voie ouverte par nous pour l'explication de certains troubles du système nerveux.

Les pathologistes anglais seuls peuvent dire si cette forme de maladie n'était pas depuis longtemps connue parmi eux. Matthew Baillie la regardait comme une des formes les plus communes de la paraplégie, et en donnait une explication anatomique qui, si elle n'était pas absolument satisfaisante, prouvait du moins que cet investigateur sagace avait étudié le siége de la maladie *post mortem*. Sa théorie était que la maladie découle d'une suffusion morbide du fluide cérébro-spinal, lequel, lorsque le malade se tenait debout, pesait sur la partie inférieure du canal vertébral, et, par la pression qu'il exerçait sur la moelle, rendait le malade inhabile à assurer ses mouvements, tandis qu'au contraire, lorsque le malade reposait sur le dos, ses mouvements reprenaient toute leur aisance. J'ai cité ces observations de Baillie en 1849, et j'en ai pris occasion d'appeler cette maladie une paraplégie encéphalique. C'était là, sans doute, une expression insuffisante, comme l'est celle d'ataxie locomotrice; car, en raison de notre connaissance plus approfondie de cette maladie spéciale, nous devons maintenant reconnaître qu'il existe une diminution générale du pouvoir nerveux dépendant d'un dé- … nutrition, et des signes non équivoques d'une atrophie … -tout dans les cordons postérieurs de la moelle. … veur de cette opinion, que l'ataxie seule ne s'est rencontrée que trois fois sur cinquante cas rapportés par Trousseau. Et cependant cet auteur a tiré les caractères de la maladie dont il voulait faire un type, de ces trois cas, et non des quarante-sept autres, où la maladie procédait évidemment autant du cerveau que de la moelle. En tout cas, en admettant que cette question reste litigieuse, il y a un fait acquis, c'est la singulière action élective de la maladie sur les cordons postérieurs de la moelle. Ce fait semble indiquer que le tissu affecté a sa vitalité propre et probablement une fonction distincte de celle des parties voisines.

Todd maintenait l'idée de cette spécialité de fonction par d'autres arguments, et en concluait que les cordons postérieurs n'étaient que des commissures. Cette hypothèse semble très-probable, si l'on admet que les tissus qui ont une semblable fonction doivent avoir une vitalité moindre que les autres qui sont plus utiles. Cette supposition est rendue plus vraisemblable par les faits qu'on observe dans le cas d'inanition, ainsi que l'a montré Chossat; en pareil cas, les centres nerveux résistent mieux à l'atrophie que tous les autres tissus. Il y a d'autres modes de modification des tissus, soit localement, soit dans l'ensemble du corps : nous voulons parler des affections cancéreuses ou tuberculeuses, et de cette autre modification de nutrition qu'on appelle inflammation. Bien que, pour les nécessités de la pratique, il convienne d'exagérer un peu les différences qui séparent le cancer, le tubercule et le processus inflammatoire, nous avons bien des preuves de la relation qui existe entre ces manifestations morbides. Ainsi, les enfants nés de parents cancéreux sont fréquemment tuberculeux, et ceux de la troisième génération sont disposés à des formes variées d'inflammation chronique, bien que, dans cette même famille, il se rencontre des individus sains et exempts de toute prédisposition morbide accusée. Il est possible que ce qui nous semble si spécial dans le cancer et dans le tubercule dépende plus du degré que de la spécificité de la diathèse, et que l'un et l'autre soient alliés à des altérations encore plus communes.

Dans la phthisie pulmonaire, ce fait a été pressenti depuis longtemps. Ceux qui ont donné quelque attention à ce sujet (et je ne connais personne qui, sous ce rapport, puisse fournir une expérience qui approche de celle de feu le docteur Addison) avoueront que, dans la plupart de leurs observations, la plus grande difficulté a été d'établir une ligne de démarcation entre le tubercule et les simples produits inflammatoires.

Nul doute que la plupart des erreurs commises à l'endroit du pronostic de la phthisie viennent de cette distinction établie à tort et qui ne doit pas exister, excepté dans quelques cas exceptionnels où la *quantité* l'emporte sur la *qualité*, comme disent les philosophes. Bien qu'on ait fait la remarque que la diathèse scrofuleuse, si commune dans le premier âge, peut se montrer également dans la vieillesse, cependant nous avons, d'un autre côté, la preuve fréquente d'un changement de diathèse avec l'âge : ainsi la péritonite tuberculeuse de l'enfance correspond presque exactement à la péritonite cancéreuse de la vieillesse. Il est probable que le cancer est plus rapproché de la simple dégradation des tissus que le tubercule. Il paraît être moins dépendant des causes excitantes extérieures, et quoiqu'il y ait, dans sa structure, une apparence d'activité vitale, il n'a aucun rapport avec le processus des tissus sains. Des recherches plus intimes sur les origines locales du cancer et sur son mode de propa-

gation infectieuse sont devenues nécessaires. La tendance à infecter l'ensemble du corps peut, après tout, ne pas dépendre d'une diathèse cancéreuse positive, mais simplement de quelque circonstance locale. Il semble qu'il y ait quelque chose d'analogue dans le chancre infectant ou non infectant; car, bien qu'il soit admis que l'un est essentiellement local et l'autre essentiellement infectant, cependant il paraît certain que le chancre même infectant n'a pas toujours la même puissance infectieuse.

Entre ces maladies idiopathiques et intrinsèques et celles qui viennent au contraire d'un accident extérieur, se place l'étude des fièvres. Tout d'abord la variole appelle notre attention et nous éclaire sur la nature de ces maladies. Par la vaccination, nous avons clairement démontré, du moins pour cette espèce de fièvre (et il semble légitime de conclure de celle-ci aux autres), que la guérison et l'immunité subséquente sont le résultat d'une imprégnation, d'une assimilation, et non, comme on le pensait auparavant et comme on le soutient encore aujourd'hui, d'une élimination. La vieille théorie de la dépuration, quoique vraie pour les grossiers poisons chimiques, tels que le plomb, le mercure, l'arsenic, ne paraît pas pouvoir s'appliquer à ces opérations qui s'accomplissent dans l'intimité de nos tissus, par suite des maladies contagieuses, et qui semblent l'effet d'un poison organique. On ne voit pas l'organisme revenir à sa condition première, comme cela aurait lieu s'il s'était agi simplement de l'élimination d'un poison. Au contraire, il reste un effet définitif et acquis, une sorte d'immunité contre le retour de la même maladie. Malheureusement pour la science, les phénomènes de fermentation ont été invoqués comme explication de ces problèmes difficiles, et la théorie du *zymosis* nous a ramenés à ces jours d'ignorance où la *coction* et la *maturation* servaient de réponse à toutes les questions obscures. En réalité, nous ne voyons rien dans les fièvres qui ait quelque rapport avec le *zymosis*. Autant vaudrait appeler de ce même nom l'évolution du germe après l'imprégnation. Les troubles physiologiques produits par quelqu'un des poisons des fièvres, par exemple l'augmentation de la chaleur, le dépérissement rapide, la plus grande fréquence des battements du cœur, l'altération des fonctions de sécrétion et d'excrétion, en un mot ce qu'on appelle les symptômes d'une maladie, ne sont que les effets extérieurs communs à toutes les maladies aiguës; ils n'ont rien de particulier et ne diffèrent de l'une à l'autre que par le degré d'intensité et par la durée. Ce qui constitue véritablement le caractère spécifique de chacune de ces maladies, c'est la modification anatomique qui les accompagne, variant avec l'espèce du poison, et dont l'évolution complète est nécessaire pour que la convalescence ait lieu.

Si cette conception nous rapproche si peu que ce soit de la connaissance de la vérité sur cette matière, il s'ensuit que l'objet de la médecine doit être bien plutôt de limiter la violence des symptômes que, du moins dans l'état actuel de nos connaissances thérapeutiques, de tendre à arrêter ou à neutraliser les processus spécifiques de telles maladies. Supposons qu'un médecin eût été consulté autrefois sur le remède de la variole : aurait-il jamais pu imaginer que ce remède, c'était le poison variolique lui-même? C'est pourtant ce qui existe. Par cette expérience, nous avons appris que le remède nous vient précisément du côté opposé à celui où regardent nos théories, et nous avons une preuve éclatante de la vérité de cet aphorisme de Bacon : « *Natura non nisi parendo vincitur.* »

Eh bien ! malgré ces avertissements, la pathologie persiste encore à regarder dans une autre direction, et la thérapeutique est gouvernée par cette idée, que la maladie est une entité qui doit être combattue et expulsée. Je suppose que cette habitude d'appeler ces affections et d'autres, des maladies du sang, a entretenu insensiblement l'idée de la dépuration. Quoique je ne sois guère disposé à soulever une discussion sur le *solidisme* et sur l'*humorisme*, je ne puis m'empêcher d'exprimer la conviction que la susceptibilité à contracter les différentes fièvres contagieuses ne réside point dans le sang, à moins que ce ne soit à titre de voie de transport du poison morbifique, et que c'est dans les tissus, dans le tissu nerveux spécialement, que la fièvre prend naissance et se fixe. Les faits d'accoutumance, comme de prendre de l'opium ou de consommer du tabac, les faits d'acclimatation, et d'autres encore, où l'on voit le système nerveux devenir accoutumé et indifférent à des sources continues d'irritation, sont des arguments qui plaident en faveur de cette opinion : on en trouverait la confirmation dans l'immunité durable qui est acquise à la répétition des mêmes actions morbides.

Si je voulais donner carrière à mon imagination, je pourrais essayer de vous exposer un plan plus large de l'organisation de notre système nerveux, et vous montrer que ce qui est nouveau l'excite, et ce qui est habituel lui devient indifférent. Pour ma part, je pense que les vues qui ont été exposées relativement à la syphilisation méritent d'être prises en considération, et bien que je n'aie pas d'expérience personnelle à opposer aux conclusions contraires de ceux qui ont fait de ce sujet une étude expérimentale, j'estime que nous ne pouvons repousser complétement l'expérience bien plus étendue de ceux qui ont affirmé les succès de cette méthode.

Je ne puis terminer ces généralités sur les difficultés qui assiégent notre esprit par rapport à la pathologie, sans parler de la question controversée de la fièvre rhumatismale. Cet état est-il dû, oui ou non, à une *materies morbi?* Ensuite avons-nous aucune raison de penser que cette matière soit de l'acide lactique ou acétique? Je pose ces questions explicitement, parce qu'on a avancé, non sans quelque autorité, qu'elles pouvaient être résolues par l'affirmative. Je dis avec quelque autorité, et je n'oublie pas les expériences qui ont été faites sur des animaux pour prouver la vérité de cette théorie, quoique ces expériences me semblent prouver une seule chose : c'est que les acides que nous avons nommés, introduits dans le sang, peuvent causer l'endocardite et quelques autres accidents morbides simulant ceux du rhumatisme; mais je ne puis reconnaître dans ces accidents l'état rhumatismal tel qu'on l'observe au lit du malade. Il n'y a point, que je sache, d'analyses du sang dans le rhumatisme, qui montrent qu'il diffère du sang normal quant à son acidité. La théorie de l'acide *materies morbi* paraît reposer principalement sur la sécrétion très-acide de la peau dans cette maladie et sur l'accroissement d'acidité de l'urine. Mais ce ne sont pas là des signes nécessaires et caractéristiques : en effet, non-seulement, dans la forme la plus grave du rhumatisme, la sécrétion cutanée est non pas acide, mais alcaline; mais dans des conditions morbides tout à fait différentes du rhumatisme, comme, par exemple, la phlébite principalement à la suite des plaies de tête, l'embolie artérielle, nous rencontrons souvent une sueur excessivement acide qui vient con-

raincre d'erreur ceux qui regardent cette circonstance comme caractéristique de l'affection rhumatismale. Il est notoire que c'est la fonction propre de la peau de sécréter, et probablement de former de toutes pièces les acides acétique et lactique. Sous l'action de diverses causes irritantes, cette sécrétion peut devenir excessive; mais je ne connais pas de faits qui prouvent que cet excès d'acidité soit dû à un état pathologique spécial, ni que ce soit un mouvement organique salutaire, par suite duquel l'organisme se débarrasserait de la *materies morbi*. Avec une pareille supposition, on arriverait à une erreur semblable à celle qui avait cours parmi les praticiens du temps de Sydenham pour le traitement des fièvres éruptives. Sans doute, je me sens une sorte d'indulgence pour ces erreurs, quelque dangereuses qu'elles soient, mais je crois qu'on ne saurait trop admirer le génie et le courage que montra Sydenham en les combattant et en les anéantissant.

Si les rhumatologistes, méconnaissant l'évidence des faits que nous venons de rapporter relativement à la sécrétion cutanée, voulaient trouver une preuve de cette prétendue diathèse acide dans l'analyse des urines, cet argument ne serait-il pas combattu avec avantage par ce fait que les urates remplacent l'urée dans un grand nombre de maladies; de sorte que nous ne pouvons reconnaître aucune valeur spécifique à cette circonstance dont la signification générale sera mieux appréciée par les physiologistes qui voient, dans la présence de l'acide urique et des urates, une preuve de l'affaiblissement et de la dénutrition du malade, ramené à la condition d'un organisme inférieur.

Laissons cette question incidente pour examiner quelles sont actuellement les bases du diagnostic médical. Tout le monde admettra que le diagnostic suppose une pathologie parfaite. Or nous sommes loin de posséder sur tous les points cette perfection. D'ailleurs une notion qui semble parfaite aujourd'hui peut ne l'être plus demain. Sans examiner si les maladies n'ont pas changé de types depuis les temps historiques, on peut assurer que les tendances morbides du corps humain doivent varier suivant les constitutions médicales, et que les épidémies offrent des variations considérables. De nos jours n'a-t-on pas vu le choléra soulever des problèmes nouveaux et qui ne sont pas encore résolus? Et, chose étrange, côte à côte avec le choléra, la diphthérite a reparu, plaçant sous nos yeux, comme pour nous montrer la faiblesse de notre science pathologique, deux conditions opposées : dans le premier cas, une fatale diffusion de l'eau et des matières salines du sang; dans le second, la fibrine seule éliminée.

A défaut d'une pathologie achevée, le diagnostic se fondera sur des probabilités. Seule l'expérience en pareil cas pourra nous guider, et par une sorte de vue prophétique nous amener à un diagnostic que ne nous fourniraient ni l'examen physique le plus complet, ni l'analyse la mieux raisonnée des symptômes. Ces inspirations sont le fruit de cette expérience qui devine les causes, et des causes déduit les effets. Ce sont là les *anticipationes mentis*, ou mieux les *interpretationes naturæ*. Je ne saurais en donner un meilleur exemple que l'histoire clinique de la thrombose et de l'embolie. Quelle mystérieuse obscurité jusqu'à ces dernières années enveloppait les phénomènes dont l'embolie était la cause! Mais, grâce à Kirkes et à Virchow, depuis que le fait fécond de l'embolie dans les veines ou dans les artères a été connu, non-seulement les faits acquis se classent tout naturellement, mais nous devenons aptes à les prévoir et peut-être à les prévenir.....

L'*hygiène* et la *thérapeutique* réclament la plus grande place dans nos préoccupations. A la longue, l'hygiène a gagné en autorité et elle s'est fait sa place comme science. Connaître et combattre les causes des maladies avant qu'elles entrent en acte, c'est le triomphe de notre art; mais il se passera bien des années encore avant que les hommes soient assez sages pour accepter notre secours en pareil cas. L'ignorance des lois de la santé et l'intempérance sont plus fortes que nous; mais nous n'en continuerons pas moins contre elles notre éternelle croisade.

Les maladies du jeune âge sont en grande partie susceptibles d'être évitées.

Les épidémies emportent un grand nombre des membres sains de la société.

Il serait futile pour le moins, sinon coupable, de dire, comme quelques personnes, qu'il faut laisser les maladies accomplir leur œuvre, qui est une sorte de police morale. La médecine n'admet pas de semblables doctrines. C'est assez que la maladie sévisse pour que notre zèle s'allume sans arrière-pensée.

Rien ne peut stimuler davantage la science dans ses efforts thérapeutiques, que le sentiment que nous avons de l'impuissance de nos efforts à empêcher le développement d'une maladie exigeant un traitement. Là où l'hygiène fait défaut commence l'œuvre de la thérapeutique; mais c'est pitié de voir le médecin s'épuiser en vains efforts pour combattre les effets d'un poison qui peut-être aurait pu être étouffé dans son germe.

La force de la thérapeutique moderne réside dans une meilleure perception de cette grande vérité, à savoir, que les maladies ne sont que des fonctions perverties, et qu'elles ont dans leur histoire naturelle, non-seulement un commencement, mais une période culminante et un déclin.....

La thérapeutique, à une certaine époque, obéissait à deux idées, celles du fort et du faible (*sthénique* et *asthénique*). La théorie du *phlogiston* a régné à une autre époque, et l'on trouve encore employés aujourd'hui les termes de *phlogistique* et *antiphlogistique*. Une meilleure physiologie nous a appris que la perversion et l'exagération des fonctions dans les maladies sont dues non à un excès, mais à un défaut de force de la puissance vitale. Un pouls rapide avec délire, avec augmentation de la chaleur du corps, indique un défaut d'équilibre dans l'organisme. Combien sont changées aujourd'hui nos idées relativement à ces symptômes qu'autrefois on considérait comme la preuve d'un excès de force.

Dans l'accroissement de la température nous ne voyons qu'un dépérissement croissant. Chaque degré d'élévation du thermomètre marque pour nous un déclin correspondant du contrôle nerveux qui règle les fonctions à l'état de santé. Les termes de force et de faiblesse sont sans valeur en présence de conditions aussi complexes que celles des maladies. Elles sont déduites le plus souvent des sensations du malade et de quelques phénomènes superficiels..... Nous savons aujourd'hui quelle large part il faut faire à l'inaction dans le traitement des maladies aiguës; nous reconnaissons que nous n'avons pas de moyens d'enrayer le processus morbide dans la pneumonie, la pleurésie et la péricardite; nous savons en outre que les moyens considérés autrefois comme nécessaires pour la cure de ces maladies sont, ainsi que l'attestent les meilleures observations cliniques, inutiles ou pernicieux; que loin de favoriser le processus plastique de l'in-

flammation, lequel hâte le déclin normal de la maladie, le traitement employé altère plus ou moins la matière infiltrée, et la fixe dans les parties malades, à l'état de corps étranger ou de quelque chose d'approchant. Et il en sera ainsi tant que nous considérerons ces infiltrations comme constituées par une matière étrangère à l'organisme. Mais aussitôt que nous en verrons le rôle physiologique, que nous y reconnaîtrons la vie qui y existe comme dans les tissus mêmes qu'elles occupent, elles prendront à nos yeux un aspect différent; nous comprendrons qu'il est souvent de notre devoir de suspendre toute intervention et d'attendre patiemment jusqu'à la fin. Devant un auditoire aussi éclairé que celui-ci, je ne crains pas que ma pensée soit mal interprétée, et qu'on me prête cette opinion, à savoir, que le rôle du médecin doit se réduire à une abstention complète. Nous avons une assez large sphère offerte à notre activité dans des cas trop nombreux pour que je puisse les énumérer, tels que ceux où, n'intervenant pas contre la lésion qui suit une marche régulière, nous intervenons utilement contre un symptôme; pour le traitement de cette lésion elle-même, lorsque nous en avons les moyens;—et ces cas sont nombreux,—pour soutenir la santé générale alors qu'il existe une lésion organique incurable. Le temps me manque pour énumérer toutes les applications saines et utiles de la médecine. La découverte de la maladie, le soulagement apporté à ses symptômes, les barrières opposées à son extension; l'art de placer le malade dans les conditions les plus favorables pour la supporter, et de le garantir contre tous les accidents; l'administration de remèdes souvent efficaces contre la maladie elle-même, ce sont là, à coup sûr, d'inestimables bienfaits.

Il n'y a probablement aucune carrière qui soit plus profitable à l'humanité que la nôtre; et quand nous considérons que des rangs de notre profession sont sortis les représentants les plus élevés des sciences modernes, en botanique, en anatomie comparée, en chimie, en physiologie, en biologie, en hygiène, et dans les sciences sociales, nous avons le droit de ressentir quelque fierté, d'oublier nos défaillances involontaires, et de regarder avec confiance l'avenir, qui consacrera l'utilité et l'honorabilité de notre profession.

W. Gull,
Membre du sénat de l'Université de Londres.

— Traduit de l'anglais par le Dr P. Lorain, agrégé à la Faculté de médecine de Paris. —

VARIÉTÉS

Classification des Mammifères

Il y a quelques mois, je publiais, dans cette revue une leçon professée à la Faculté des sciences de Poitiers sur la classification des Mammifères (1). Tout en reconnaissant la difficulté et même l'impossibilité d'arriver à des résultats irréprochables, je pensais que l'œuvre de nos prédécesseurs pouvait être améliorée. Perfectibles comme beaucoup d'autres choses, les classifications progressent avec la science; elles se rapprochent de plus en plus d'un idéal auquel il ne nous est sans doute jamais donné d'atteindre, mais que chacun s'efforce néanmoins de réaliser. J'ai donc voulu apporter mon modeste contingent à l'œuvre commune.

(1) Voyez notre tome V, page 249, numéro du 21 mars 1868.

Par une application plus étendue de la méthode des séries parallèles, je m'étais surtout proposé de faire ressortir certaines affinités impossibles à exprimer au moyen des autres procédés de classification. Mais on peut dire de cette méthode qu'elle a les défauts de ses qualités. Sous peine de tomber dans une inextricable confusion, le naturaliste est obligé d'en limiter l'emploi, tant sont nombreux et variés les rapports qui existent entre les êtres. Dans l'impossibilité de tout exprimer, il doit se borner à mettre en relief les traits les plus essentiels, et se résigner à sacrifier les détails à la clarté de l'ensemble. Un tableau qui montrerait l'état réel des choses offrirait aux yeux un véritable chaos de séries croisées et enchevêtrées de mille et mille manières.

Ces considérations devaient m'imposer une réserve d'autant plus grande, que le terrain sur lequel m'engageaient les nécessités de mon enseignement était plus nouveau pour moi. Aussi mon travail s'est-il ressenti de certaines hésitations. Ma classification avait, en outre, le défaut de détourner plusieurs termes de leur acception la plus commune. Dans ce nouvel essai, je crois avoir évité ou atténué la plupart des inconvénients que je signale, et c'est avec la conviction d'avoir mieux fait que je viens proposer des modifications à mon œuvre première.

Les changements ne portent que sur les Mammifères monodelphes. J'ai conservé les trois premiers groupes horizontaux (Hétérodontes, Carnassiers, Herbivores) de cette grande division, me bornant à remplacer les noms par de plus convenables; mais je supprime le quatrième (Homodontes) pour en former une série verticale. Les Monodelphes quadrupèdes restent donc partagés en deux grandes séries parallèles, les *Hétérodontes* et les *Homodontes*, et la première est elle-même divisée en deux séries de second ordre, les Hétérodontes *normaux* et les *rongeurs*. L'ancien ordre des Édentés, qui composait à lui seul le quatrième groupe, se trouve naturellement dédoublé dans la nouvelle série des Homodontes : la tribu des *Paresseux* devient un ordre distinct correspondant aux Primates et aux Cheiromydés, et celle des *Édentés* proprement dits constitue un autre ordre qui conserve le même nom et que j'inscris dans le groupe des Polyplacentaires, en regard et au-dessous de l'ordre des Ongulés. La conséquence de ces remaniements est l'adjonction définitive des *Proboscidiens* à la série des Rongeurs; seulement, pour marquer la supériorité qui les distingue, à certains égards, des Ongulés et des Édentés, leur ordre est placé, suivant le sens horizontal, au-dessus de ces deux derniers. Enfin les titres des trois groupes ont été changés, et les mots *Hétérodontes*, *Carnassiers*, *Herbivores*, sont remplacés par les dénominations de *Discoplacentaires*, *Zonoplacentaires*, *Polyplacentaires*, assez communément usitées. A l'exception des Édentés, tous les ordres que j'ai admis demeurent intacts et conservent les mêmes subdivisions.

Ces remaniements me paraissent justifiés par de nombreux avantages. Ainsi, le caractère important de la placentation redevient prédominant et peut servir à lui seul à distinguer les trois groupes des Monodelphes. Le premier groupe, en effet, comprend tous les Mammifères à placenta de forme discoïde ou subdiscoïde, et les Paresseux eux-mêmes peuvent être rattachés à cette catégorie; à deux ou trois exceptions près, le deuxième groupe renferme tous les Mammifères à placenta annaire, et le suivant, les Mammifères à placenta diffus. D'un autre côté, tout en conservant leur supériorité relative sur les autres Polyplacentaires, les Proboscidiens continuent la

MAMMIFÈRES.

	MONODELPHES.				DIDELPHES.	
	TERRESTRES ou QUADRUPÈDES.			AQUATIQUES ou PISCIFORMES.	MARSUPIAUX.	MONOTRÈMES.
	HÉTÉRODONTES.		HOMODONTES.			
	NORMAUX.	RONGEURS.				
I. coplacentaires.	1. Primates. 4. Cheiroptères. 5. Insectivores.	2. Cheiromydés. 6. Gliriens.	3. Paresseux.		1. Insectivores. 2. Gliriens	
II. ioplacentaires.	7. Carnivores.			8. Amphibies.	3. Carnivores.	
III. yplacentaires.	10. Ongulés.	9. Proboscidiens.	13. Édentés.	11. Sirénides. 12. Cétacés.	4. Demi-rongeurs.	5. Édentés.

des Rongeurs, à laquelle ils appartiennent en réalité. ı, l'érection des Homodontes en série verticale placée à la e des Hétérodontes exprime l'infériorité des premiers et net de satisfaire aux affinités si nombreuses qui rattachent 'aresseux aux Primates. J'ajouterai que les expressions rodontes, Homodontes, reprennent leur signification habi-le, de même que le mot Herbivores, qui retombe dans le aine commun.

tableau ci-dessus, dans lequel, pour plus de clarté, je is figurer que les ordres, résume ma nouvelle classifi-n. On en trouvera les détails dans ma leçon citée plus , et à laquelle je dois renvoyer le lecteur.

CH. CONTEJEAN,
Professeur à la Faculté des sciences de Poitiers.

BULLETIN DES COURS

Collége de France.

TOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANIQUES (les mardis et samedis, à heures). — M. MAREY commencera ses leçons le mardi 15 cou-à deux heures, dans la salle n° 2. L'objet du cours sera : *Étude imentale du mécanisme du vol chez les insectes et les oiseaux.*

us rappelons à nos lecteurs que le laboratoire particulier que arey a fondé rue de l'Ancienne-Comédie, n° 14, a été compris . le ministre de l'instruction publique parmi les laboratoires de rches ouverts aux élèves qui se seront fait inscrire au secrétariat Faculté des sciences.

TOIRE DE LA MÉDECINE (les mardis et vendredis, à midi).—M. DA-RC (de l'Académie de médecine) exposera l'histoire des constitu-médicales et des maladies pendant la première période du moyen l ouvrira son cours le mardi 5 janvier 1869.

BRYOGÉNIE COMPARÉE. — M. COSTE (de l'Institut) ouvrira son cours nedi 9 janvier 1869, à une heure.

MÉDECINE.—M. CLAUDE BERNARD (de l'Académie française, de l'Académie des sciences, de la Société royale de Londres et de l'Académie de médecine) ouvrira son cours de *médecine expérimentale* le mercredi 6 janvier 1869, à deux heures.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS INORGANIQUES. —M. CHARLES SAINTE-CLAIRE DEVILLE (de l'Institut) annoncera l'ouverture de son cours par un avis particulier.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — M. SERRET (de l'Institut) a ouvert son cours aujourd'hui vendredi.

CHIMIE ORGANIQUE. — M. BERTHELOT ouvrira son cours le vendredi 18 décembre, à une heure.

Soirées scientifiques de la Sorbonne.

17 décembre. — M. FILHOL : Eaux sulfureuses des Pyrénées.
24 décembre. — M. CAZIN : Des forces électriques.
7 janvier. — M. GEORGES VILLE : L'agriculture de 1800 à 1868.
14 janvier. — M. GARNIER : La Nouvelle-Calédonie.
21 janvier. — M. TERQUEM : Du timbre des sons et de l'audition.
28 janvier. — M. P. BERT : Histoire d'un œuf.
4 février. — M. LISSAJOUS : Optique de l'atmosphère.
18 février. — M. DE LUYNES : Impression des tissus.
25 février. — M. D'ARCHIAC : Les glaciers.
4 mars. — M. JAMIN : La lumière électrique.
11 mars. — M. BUREAU : Les plantes utiles des régions tropicales.
18 mars. — M. FAYE (de l'Institut) : Les étoiles filantes.

Conservatoire des arts et métiers.

CHIMIE APPLIQUÉE AUX INDUSTRIES DE LA TEINTURE, DE LA CÉRAMIQUE ET DE LA VERRERIE (les lundis et vendredis, à sept heures et demie du soir). — M. V. DE LUYNES, professeur, a commencé son cours aujourd'hui vendredi 11 décembre, à sept heures et demie du soir.

Muséum d'histoire naturelle.

Cours de l'année classique 1868-1869. — (1er semestre.)

Physique appliquée a l'histoire naturelle (les lundis et vendredis, à onze heures un quart du matin). — M. Becquerel (de l'Institut), professeur, traitera : 1° de la constitution moléculaire des corps et des forces physiques qui concourent à cette constitution ; 2° des phénomènes capillaires d'endosmose et d'exosmose, de diffusion et de dyalise ; 3° des phénomènes électro-capillaires et de leurs applications à la Chimie, à la Géologie et à la Physiologie ; des différentes sources de lumière mécaniques, physiques, chimiques et physiologiques ; des effets physiques, chimiques et physiologiques de la lumière ; de l'analyse spectrale. — A la suite du cours, le professeur fera plusieurs conférences sur les applications de la physique à l'agriculture et particulièrement sur les climats. Un avis particulier fera connaître l'époque de ces conférences. Ce cours commencera le vendredi 4 décembre. En cas d'absence du professeur, il sera suppléé par M. Édouard Becquerel (de l'Institut), aide de la chaire.

Manipulations chimiques (les mardis, jeudis et samedis, de onze heures à cinq heures). — M. Fremy (de l'Institut). Ce cours commencera le mardi 15 décembre.

Physique végétale (les mardis, jeudis et samedis, à midi et demi). — M. Georges Ville, professeur, traitera cette année des conditions qui déterminent et règlent la production des végétaux comme préparation à l'étude des principaux systèmes de culture dont l'histoire fera l'objet de la seconde partie du cours. Ce cours commencera le jeudi 3 décembre.

Anatomie comparée (les mardis, jeudis et samedis, à deux heures). — M. Paul Gervais, professeur, traitera des différents systèmes d'organes propres à l'ensemble des animaux, en les envisageant dans l'âge adulte, ainsi que dans les différentes phases de leur développement, soit normal, soit tératologique, ce qui lui permettra d'en faire connaître les particularités essentielles et de montrer les ressources que l'on peut en tirer pour la classification zoologique. Des dissections faites sous la direction du professeur, et des démonstrations relatives aux animaux vertébrés fossiles, serviront de complément à cet enseignement. Ce cours commencera le samedi 12 décembre.

Histoire naturelle des reptiles et des poissons (les mardis, jeudis et samedis, à midi). — M. A. Duméril, professeur. L'Histoire des Poissons et plus spécialement des Poissons d'Europe sera le sujet du cours de cette année. Après avoir fait connaître leur organisation et leurs fonctions, le professeur s'occupera particulièrement des Poissons des côtes et des eaux douces de la France. Ce cours commencera le samedi 12 décembre, dans les galeries de zoologie.

Histoire naturelle des Annélides, des Mollusques et des Zoophytes (les mercredis et vendredis, à trois heures). — M. Lacaze-Duthiers, professeur, traitera de l'Histoire des principaux groupes des Mollusques, des Annélides et des Zoophytes. Il s'attachera à faire connaître surtout les espèces utiles et nuisibles.

École pratique des hautes études.

Section des sciences physico-chimiques et naturelles.

LABORATOIRES D'ENSEIGNEMENT.

Physique. — Le laboratoire institué à la Faculté des sciences et dirigé par M. Desains, s'ouvrira le 15 décembre. Les élèves seront exercés au maniement des instruments de physique, et ils feront une série d'expériences classiques relatives à l'étude de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, du magnétisme et de l'acoustique. Les travaux auront lieu les lundis, mercredis, jeudis et vendredis, de neuf à onze heures.

Chimie. — Le laboratoire du Collége de France, dirigé par M. Balard (de l'Institut), a été ouvert le jeudi 10 décembre. Les élèves feront des manipulations de chimie générale et s'exerceront à l'analyse. Les travaux auront lieu tous les jours, de onze heures à cinq heures.

Le laboratoire du Muséum d'histoire naturelle, dirigé par M. Fremy (de l'Institut), le 1er décembre. Les élèves s'exerceront à des manipulations de chimie générale et à l'analyse qualitative et quantitative. Les travaux auront lieu les mardis, jeudis et samedis, de onze à cinq heures.

Le laboratoire de la Faculté des sciences, dirigé par M. H. Sainte-Claire Deville (de l'Institut), s'ouvrira en janvier. Des manipulations de chimie organique appliquée à la physiologie seront dirigées par M. Schützenberger, directeur adjoint du laboratoire. L'ouverture de ce laboratoire, dont la construction n'est pas encore terminée, sera annoncée par un avis particulier.

Minéralogie. — Le laboratoire de la Faculté des sciences, dirigé par M. Delafosse (de l'Institut), s'ouvrira le 12 décembre. Les élèves s'exerceront à la détermination des espèces minérales et des formes cristallines au moyen du chalumeau, du goniomètre et des appareils de polarisation. Les travaux auront lieu les jeudis, de deux heures et demie à quatre heures et demie.

Géologie. — Le laboratoire de la Faculté des sciences, dirigé par M. Hébert, s'est ouvert le 30 novembre. Les élèves s'exerceront à la détermination des roches et des fossiles caractéristiques des différents dépôts géologiques. Les travaux auront lieu les lundis et jeudis de une heure et demie à trois heures et demie.

Botanique. — Le laboratoire institué au Muséum d'histoire naturelle, sous la direction de MM. Brongniart et Decaisne (de l'Institut), s'ouvrira en avril. Les travaux des élèves consisteront principalement : 1° en dissections, observations microscopiques et manipulations diverses employées dans l'étude anatomique et physiologique des plantes ; 2° en exercices graphiques, analyses de mémoires originaux, etc. ; 3° en herborisations dirigées par M. Decaisne, et suivies de conférences consacrées à l'examen et au classement des plantes recueillies par chaque élève.

Le laboratoire de la Faculté des sciences, dirigé par M. Duchartre (de l'Institut), s'ouvrira en mars. Les élèves seront exercés à l'emploi du microscope, soit simple, soit composé, et aux analyses anatomiques.

Le laboratoire de la Faculté de médecine (rue Cuvier), dirigé par M. Baillon, s'ouvrira le 14 décembre. Les élèves s'exerceront aux manipulations et observations anatomiques. Ils feront, en été, des herborisations hebdomadaires avec conférences. Les travaux auront lieu tous les jours, de midi à quatre heures.

Zoologie anatomique et physiologique. — Le laboratoire institué au Muséum d'histoire naturelle sous la direction de M. Milne-Edwards (de l'Institut), s'est ouvert le 2 décembre. Les travaux des élèves consisteront : 1° en observations microscopiques, dissections et autres manipulations, coordonnées de manière à faire connaître la structure d'une série d'animaux représentant les principaux types zoologiques et le mode d'action de leurs organes ; 2° en exercices relatifs à la constatation des caractères zoologiques et à l'emploi des méthodes de classification ; 3° en exercices graphiques, description de pièces anatomiques, analyses de mémoires originaux, etc. Les travaux auront lieu tous les jours, de onze heures à deux heures. Les jeudis, à sept heures et demie du soir, les élèves se réuniront en conférence pour traiter, à tour de rôle, les questions de zoologie anatomique et physiologique.

Histologie. — Des exercices relatifs à l'emploi du microscope pour l'étude de la structure intime des tissus constitutifs des animaux auront lieu dans le laboratoire de M. Milne-Edwards, au Muséum, sous la direction de M. Robin (de l'Institut et de l'Académie de médecine), les lundis, mercredis et vendredis, à cinq heures du soir.

Physiologie expérimentale. — Le laboratoire de la Faculté des sciences, dirigé par M. Claude Bernard (de l'Académie française, de l'Académie des sciences, de l'Académie de médecine), s'ouvrira le 15 mars. Le professeur fera répéter devant les élèves ou fera exécuter par ceux-ci des expériences classiques en rapport avec le sujet de son cours.

LABORATOIRES DE RECHERCHES.

Le laboratoire de Physique de M. Jamin à la Faculté des sciences.

Le laboratoire de Chimie minérale de M. Balard au Collége de France.

Le laboratoire de Chimie organique de M. Berthelot au Collége de France.

Le laboratoire de Chimie générale de M. Fremy au Muséum d'histoire naturelle.

Le laboratoire de Chimie minérale de M. H. Sainte-Claire Deville à l'École normale supérieure.

Le laboratoire de Chimie de M. Wurtz à la Faculté de médecine.

Le laboratoire de Géologie de M. Hébert à la Faculté des sciences.

Le laboratoire de Botanique de MM. Brongniart et Decaisne au Muséum d'histoire naturelle.

Le laboratoire de Zoologie de M. Milne Edwards au Muséum.

Le laboratoire d'Anatomie comparée de M. Gervais au Muséum.

Le laboratoire d'Histologie de M. Robin à la Faculté de médecine.

Le laboratoire de Médecine expérimentale de M. Claude Bernard au Collége de France.

Le laboratoire particulier de Physiologie expérimentale de M. Marey rue de l'Ancienne-Comédie, 14.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE | NUMÉRO 3 | 19 DÉCEMBRE 1868

Paris, 18 décembre 1868.

Nous avons à signaler cette semaine un décret important et inattendu. La chaire de physiologie générale de la Sorbonne est transférée au Muséum d'histoire naturelle, et la chaire de physiologie comparée du Muséum passe à la Faculté des sciences, sous le titre de chaire de physiologie. Il est bien entendu que M. Claude Bernard reste titulaire de la chaire de physiologie générale et entre au Muséum. M. Phélipeaux, aide-naturaliste de la chaire de physiologie comparée, reste attaché à la chaire de physiologie générale, et M. Gréhant, préparateur de cette chaire à la Sorbonne, la suit au Muséum avec le titre d'aide-naturaliste. M. Paul Bert, chargé du cours de physiologie comparée au Muséum, reste également chargé du cours de physiologie à la Sorbonne.

Il y a là beaucoup plus qu'une simple permutation de chaires entre deux établissements publics. Le décret est précédé d'un rapport du ministre de l'instruction publique qui le motive par l'insuffisance des locaux de la Sorbonne, où il n'était pas possible d'établir autour de M. Claude Bernard une véritable école physiologique. D'un autre côté, pour être censé à la tête d'un grand laboratoire d'enseignement, M. Claude Bernard ne pouvait ni ne voulait accepter l'installation d'un physiologiste en chambre, et sembler ignorer ainsi les admirables laboratoires que possède l'Allemagne. C'est ainsi que fut décidée brusquement la translation de la chaire de physiologie générale au Muséum. Là, le terrain ne manque pas, et l'on veut y établir un institut physiologique qui n'ait plus rien à envier aux plus vastes établissements de l'Allemagne. Le ministre va demander au conseil d'État et aux chambres un crédit spécial de 400 000 francs, pour le doter de tous les instruments de travail qu'exige la science contemporaine. On ne saurait trop applaudir à cette fondation dont tout le monde comprenait depuis longtemps la nécessité. La physiologie n'avait pas été favorisée dans la répartition des fonds obtenus pour l'École pratique des hautes études; il est plus que juste de rétablir la balance en sa faveur, car c'est aujourd'hui la science la plus active, la plus féconde, celle dont les résultats présentent l'intérêt le plus général en même temps que les applications les plus nombreuses, et qui caractérisera peut-être la période scientifique actuelle comme le développement de la chimie caractérise la fin du XVIIIe siècle et les premières années du XIXe.

La chaire de physiologie générale sera mieux placée au Muséum qu'elle ne l'était à la Sorbonne. Les Facultés doivent tout enseigner les sciences faites; elles s'adressent avant tout à ceux qui débutent dans les études supérieures et qui ont besoin d'apprendre l'ensemble actuel de la science en commençant par ses éléments. Le Muséum et le Collége de France ont un but tout autre et plus élevé. Ils doivent négliger les généralités de la science pour s'attacher aux questions nouvelles, aux problèmes obscurs, en donnant à l'étude de chaque point particulier tout le temps qu'il exige; ils doivent exposer les conquêtes de chaque jour et les étendre; ils doivent constituer progressivement la science que les Facultés exposeront plus tard. Les Facultés leur ont donné des gens instruits; ils doivent en faire des savants qui augmentent la somme de nos connaissances de faits nouveaux. Or, la physiologie générale est à peine en voie de formation, c'est la plus jeune de toutes les sciences, à tel point que plus d'un naturaliste nie encore aujourd'hui son existence : c'est donc au Muséum qu'il convenait de placer son enseignement. D'un autre côté, M. Claude Bernard est avant tout l'homme de l'investigation ; ce qu'il faut lui demander, ce sont des recherches et des idées nouvelles, plutôt que l'exposé des faits acquis ; le programme restreint d'une Faculté lui allait mal, et la Sorbonne, de son côté, s'accommodera mieux d'un enseignement plus élémentaire.

L'entrée au Muséum d'une personnalité scientifique aussi marquante que celle de M. Claude Bernard est un fait important à plusieurs égards. Elle aura pour premier effet de restreindre les envahissements d'une influence exclusive qui prétendait de plus en plus ranger sous son sceptre toutes les sciences naturelles et qui venait de puiser une nouvelle force dans l'organisation de l'École pratique des hautes études. On dit déjà que M. Claude Bernard est destiné à devenir le directeur du Muséum.

Enfin le transfert de la chaire de physiologie du Muséum à la Sorbonne change toutes les prévisions sur le sort définitif de cette chaire. Les présentations, au lieu d'être faites par les professeurs du Muséum et l'Académie des sciences, — où le Muséum exerce une grande influence par le nombre des voix dont il dispose et la compétence spéciale de ces voix, — émaneront de la Faculté des sciences et du conseil académique. La liste sera composée tout autrement qu'elle ne l'aurait été.

— Nous avons donné, samedi dernier, la liste de présentation pour le fauteuil de M. Pouillet à l'Académie des sciences. L'élection a eu lieu lundi, comme nous l'annoncions. M. Jamin a été nommé, au premier tour de scrutin, par 37 voix contre 13 données à M. Favre, 4 à M. Desains et 2 à M. Leroux.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. ED. FRANKLAND

(de la Société royale de Londres et de l'Institut de France)

Des projets relatifs aux eaux de Londres

Sur chaque millier d'individus qui habitent en ce moment notre planète, il en est trois qui résident à Londres. Par conséquent, tout sujet qui touche intimement à la santé et au bien-être d'une partie aussi considérable de l'humanité doit mériter la plus sérieuse attention; et quand ce sujet, comme celui dont je vais vous entretenir, se rattache à des recherches scientifiques, les membres de cette institution ne seront nullement surpris, j'en suis sûr, qu'on le soumette pour une seconde fois à leur attention.

Il y a un an (1), je vous ai parlé, au point de vue chimique, du système des eaux de notre ville, et j'ai mentionné les cinq projets qu'on proposait alors pour remédier à ses imperfections évidentes et sérieuses, je veux dire une pollution excessive par des impuretés provenant des égouts et une grande dureté. Le premier de ces défauts rend l'eau de Londres peu convenable comme boisson; le second la rend jusqu'à un certain point impropre aux besoins du blanchissage et de la toilette. Les projets auxquels j'ai fait allusion dans ma dernière conférence sur ce sujet étaient les suivants :

1° Amener les sources de la rivière Severn, projet proposé par M. Bateman.

2° Amener les eaux des lacs du Cumberland, projet proposé par MM. Heman et Hassard.

3° Filtrer les eaux de la Tamise à travers les sables de Bagshot, projet proposé par M. Telford Macneill.

4° Établissement de réservoirs près des sources de la Tamise, projet proposé par M. Baily Denton.

5° Amener les eaux des collines du Derbyshire et du Staffordshire, projet proposé par M. Remington.

A cette époque, on avait fait peu de recherches sur la qualité de l'eau qu'on obtiendrait en adoptant ces différents projets, et cette remarque s'applique aujourd'hui encore aux trois derniers. Mais, depuis lors, l'eau fournie par les deux districts que j'ai nommés en premier lieu a été, à la demande de la commission royale des eaux, soumise à de sévères recherches chimiques par le docteur Odling et par moi-même. Je puis donc aujourd'hui vous parler avec toute compétence de la qualité de l'eau provenant de ces deux districts.

Il y a également un ou deux points d'un intérêt scientifique général qui ont été mis en lumière durant le cours de cette enquête et auxquels je me propose aussi de toucher en passant : ce sont, en premier lieu, l'effet curieux que produit le détritus des mines sur la qualité de l'eau avec laquelle il se trouve mélangé, et, secondement, les conditions qui déterminent l'action ou la non-action de l'eau sur le plomb.

Pendant cette dernière année, les procédés employés pour l'analyse de l'eau ont subi une révolution complète. Parmi mes attributions, je dois chaque mois adresser au *Registrar general* un rapport sur la qualité des eaux de Londres, et, en accomplissant ce travail, j'ai pu constater que les méthodes employées jusqu'à ce jour pour analyser l'eau étaient tellement trompeuses, qu'il devenait absolument nécessaire de les modifier presque complétement.

Je me propose donc de jeter d'abord un rapide coup d'œil sur quelques innovations que j'ai faites dans cette branche d'analyse chimique. Lorsqu'on doit soumettre l'eau à un examen chimique, il est de première importance d'avoir un échantillon recueilli avec soin et en quantité suffisante. Les recherches dont je vais vous entretenir ont été parfaites sous ce rapport, grâce au choix judicieux des échantillons fournis par le docteur Pole (membre de la Société royale de Londres). Le docteur Pole s'est rendu en personne aux deux districts en question, et a recueilli les échantillons que mon collègue et moi nous avons soumis plus tard à l'analyse chimique.

Le premier point à déterminer dans une analyse d'eau, c'est la somme totale des impuretés solides, ainsi qu'on les désigne, c'est-à-dire la somme totale des matières solides dont l'eau s'est souillée après avoir été soumise au travail naturel de la distillation. On détermine cette quantité d'impuretés solides en prenant un volume donné d'eau et en le faisant évaporer jusqu'à siccité dans un vase de platine qu'on a préalablement pesé. Les impuretés solides renferment tout à la fois de la matière organique et de la matière minérale ou inorganique. La plus importante de ces deux classes de substances contenues dans le résidu solide, c'est, sans contredit, la matière organique. Or, même à l'heure actuelle, le poids réel de cette matière organique ne peut être déterminé par l'analyse chimique, car la science ne possède aucun procédé par lequel on puisse arriver à évaluer même approximativement le poids de cette matière organique. Mais il est possible de déterminer, dans un volume donné d'eau, la quantité des deux principaux éléments constitutifs de cette matière organique, à savoir, le carbone et l'azote. Dans ce but, on fait évaporer jusqu'à siccité une quantité séparée d'eau; mais, cette fois, on fait usage d'un vase de verre, et, avant de faire évaporer l'eau, on la mélange à de l'acide sulfureux afin de chasser l'acide carbonique qui est en partie dissous dans l'eau et en partie combiné avec la chaux et la magnésie. Il y a encore d'autres précautions qu'il faut prendre; mais je crains d'entrer dans des détails qui pourraient fatiguer votre attention. Toutefois je pense qu'il est désirable de vous montrer au moins les procédés généraux à l'aide desquels on peut déterminer la quantité de carbone et d'azote organiques dans le résidu laissé après l'évaporation au fond du vase de verre. L'opération s'effectue de la manière suivante : Le contenu du vase est raclé avec soin et enlevé à l'aide d'une substance appelée le chromate de plomb. Cette matière, qu'on emploie sous la forme de poudre fine et légèrement graveleuse, atteint très-bien ce but, et nous permet de transporter graduellement le résidu de l'eau dans un tube de verre de Bohême fermé à l'une de ses extrémités. On remplit alors ce tube jusqu'à quatre pouces environ de son embouchure avec de l'oxyde de cuivre en poudre grossière, et l'on place sur cette couche une petite quantité de cuivre métallique brillant pour détruire les composés oxydés de l'azote. On met alors le tube dans un fourneau à gaz appelé « fourneau de combustion ». Avant que la combustion commence, on fait le vide dans le tube; on aspire tout l'air qu'il renferme, de manière à se débarrasser complétement de l'azote de cet air, qui compromettrait les résultats de l'expérience. Le vide est opéré au moyen d'une pompe à mer-

(1) Voyez cette conférence de M. E. Frankland dans notre tome V, page 6, numéro du 7 décembre 1867, et consultez les notes de renvoi de cette conférence.

nventée par le docteur Sprengel, et qui nous permet ver jusqu'à la moindre trace d'air atmosphérique conlans le tube. On chauffe alors graduellement ce tube à la chaleur rouge; pendant cette opération, le caret l'azote de la matière organique contenue dans le résolide de l'eau sont convertis, le premier en gaz acide nique, le second en azote et en oxyde d'azote. D'après ume de chacun de ces gaz, on peut calculer avec une e précision le poids du carbone et de l'azote.

l'azote constaté dans le résultat de l'analyse peut proen partie de l'ammoniaque qui pourrait se trouver dans Il est donc nécessaire de déterminer quelle est la quanammoniaque contenue dans l'eau. Cette évaluation de ntité d'ammoniaque est, de tous les procédés employés 'analyse de l'eau, le seul peut-être qui soit à la fois , *facile à exécuter* et tout à fait satisfaisant. Car on habituellement que les procédés simples, employés les analyses, sont très-inexacts quand on vient à les ner rigoureusement. Celui-ci cependant a résisté à cette ve et permet d'arriver fort vite à un résultat très-. J'ai ici cinq cylindres de verre. L'eau du premier cyne contient aucune trace d'ammoniaque; le second nferme une petite quantité; le troisième deux fois que le second; le quatrième trois fois et le cinquième fois autant que le second. A chacun de ces cylindres maintenant ajouter un égal volume d'un réactif en n qui donnera une coloration particulière, jaune ou orange, avec l'ammoniaque contenue dans les vases. e réactif de Nessler, nom du chimiste allemand qui l'a é. (L'expérience est exécutée : l'eau des quatre dercylindres prend une coloration orange dont la teinte selon la proportion d'ammoniaque contenue dans chacun ses, tandis que l'eau du premier cylindre ne change nement de couleur.)

este encore un procédé qui doit nous occuper pendant tant, c'est celui qu'on emploie pour déterminer la quanazote, contenu dans l'eau sous forme d'azotites et d'azoC'est l'azote combiné, qu'il ne faut pas confondre avec organique, bien qu'il provienne, dans la plupart des une matière organique. On fait dissoudre dans une pequantité d'eau le résidu solide laissé par l'évaporation première eau dont on s'était servi pour déterminer la e totale des impuretés solides; puis on ajoute du sulargent, qui convertit les chlorures en sulfates. Le liquide ste est transvasé, après avoir été filtré, dans la partie eure d'un tube de verre rempli de mercure. Il faut alors à ce liquide un poids égal d'acide sulfurique, qu'on uit de la même manière; il ne reste plus qu'à agiter lange, en ayant soin de boucher le tube avec le pouce. t le mercure commence à agir sur l'acide nitrique, et vertit en un gaz permanent et incolore appelé oxyde e. Il ne reste qu'à le mesurer pour déterminer la quanazote contenue originellement dans l'eau sous forme tes et d'azotates.

a une dernière détermination dont je me permettrai de vous parler; et, si je le fais, c'est surtout dans le but s présenter un appareil très-ingénieux, une application ompe de Sprengel, que vient d'imaginer mon prépa, M. Mac Leod. Cet appareil a été construit dans le but aire les gaz qui se trouvent dissous dans l'eau. A l'aide instrument, nous pouvons non-seulement constater la somme totale des gaz contenus dans l'eau, mais encore déterminer la quantité de ces gaz capable d'être chassée à une température ordinaire, et celle qui s'échappe quand on fait bouillir l'eau dans le vide. Ce gaz est soumis alors à l'examen eudiométrique ordinaire, afin de constater la quantité d'acide carbonique, d'azote et d'oxygène, les trois gaz qui se trouvent presque invariablement dans toutes les eaux soumises à l'analyse.

Je n'ai aucun besoin d'entrer aujourd'hui dans des détails relatifs aux sources où l'on puiserait l'eau d'après les deux projets proposés pour l'approvisionnement de Londres. J'en ai parlé assez longuement la dernière fois. Je me contenterai d'attirer votre attention pendant un moment sur cette grande carte qui montre les districts où l'on puiserait les provisions d'eau et la ligne des conduites jusqu'à la métropole. D'après le projet gallois, l'eau serait recueillie sur les versants de Cader-Idris et de Plynlimon, et serait transportée, au moyen d'un aqueduc, jusqu'à une distance de dix milles de Londres. Là elle serait emmagasinée dans des réservoirs placés à quatre cents pieds au-dessus du niveau de la marée haute. L'autre projet propose d'amener l'eau des lacs de Cumberland, en passant par plusieurs grandes villes et en mettant à contribution, si cela était nécessaire, le lac Bala, du pays de Galles. On amènerait alors ces eaux réunies jusqu'à la capitale, après en avoir distribué une certaine quantité aux grandes villes placées sur leur passage.

Il est peut-être nécessaire de dire ici un mot ou deux dans le seul but de chasser de votre esprit l'idée que ces projets pourraient porter quelque tort aux compagnies d'eau actuelles de Londres. On a largement pourvu, dans ces projets, aux compensations qu'on doit allouer aux compagnies actuelles. Le seul tort possible que pourrait créer, sous ce rapport, l'adoption de l'un ou de l'autre de ces projets, serait l'abolition de certains bureaux de directeurs chargés en ce moment d'administrer les affaires des huit ou neuf compagnies qui fournissent Londres.

Ces projets sont nécessairement très-coûteux. On est renversé quand on pense aux sommes qu'on se propose de dépenser pour leur exécution. Ainsi le projet de M. Bateman, qui consiste à puiser l'eau dans les montagnes septentrionales du pays de Galles, doit coûter, d'après les calculs faits, la somme de 10 850 000 livres sterling (271 250 000 francs) pour une provision journalière de 220 millions de gallons d'eau par jour. Le projet qui met à contribution les lacs du Cumberland est porté à 13 500 000 livres sterling (337 500 000 francs) pour 250 millions de gallons d'eau par jour. Ces chiffres sont vraiment étonnants; mais j'imagine que la seule chose qui doive nous préoccuper, c'est de savoir combien nous aurons à payer quand ces projets auront été mis à exécution. En se plaçant à ce point de vue, on trouve, d'après les calculs des ingénieurs, — il est vrai qu'il ne faut pas toujours se fier complétement à ces calculs, car il y a le chapitre des erreurs possibles; — mais, à supposer ces calculs exacts, on trouve, dis-je, que toute compensation faite aux compagnies et malgré les dépenses énormes que coûteront les travaux, nous aurons à payer beaucoup moins pour cet approvisionnement d'eau très-pure que nous ne payons aujourd'hui. Nous donnons maintenant aux compagnies des eaux une redevance d'à peu près 1 shilling 5 pence (1 fr. 75 cent.) par livre sterling (25 fr.) de loyer. Avec le projet de M. Bateman, nous payerions un impôt mobilier de 10 pence (1 franc) par livre sterling, — c'est-à-dire les deux

tiers de ce que nous payons actuellement, — plus un impôt public de 2 pence (20 centimes) par livre sterling. Le projet de MM. Hassard et Heman se solderait par un impôt mobilier de 1 shilling et 1 penny (1 fr. 30 cent.) par livre sterling. Or, je suis d'avis que si nous devons réellement gagner à ce changement, le chiffre élevé des sommes que coûteront ces travaux ne doit pas nous effrayer et nous empêcher de les prendre en sérieuse considération.

Arrêtons-nous un instant pour étudier les rapports purement mécaniques de l'approvisionnement projeté avec celui que nous avons en ce moment, car cette étude nous permettra de comprendre comment il se fait que, tout en dépensant de telles sommes pour ces travaux, il nous soit possible d'avoir de l'eau à meilleur marché. En premier lieu, chaque gallon d'eau livré actuellement à la consommation de Londres doit être tiré d'un fond qui est presque au niveau de la mer, et porté à une hauteur moyenne d'environ deux cent cinquante pieds. En second lieu, l'approvisionnement actuel est intermittent; celui qu'on propose serait constant. La partie du système actuel qui consiste à pomper l'eau serait remplacée, dans les systèmes proposés, par un simple travail de gravitation. La vue de ces gigantesques et magnifiques machines, occupées en ce moment à élever ce vaste volume d'eau, — 100 millions de gallons par jour, — doit inspirer de tristes réflexions au savant. Vous avez là un gaspillage inouï de forces employées à recommencer un ouvrage qui avait été déjà exécuté gratuitement. Le soleil, prodigue de ses forces, enlève bien au-dessus du clocher de Saint-Paul cette provision journalière de 100 millions de gallons; mais, dans notre sottise, nous permettons à toute cette eau de se souiller en la laissant descendre de nouveau jusqu'au niveau de la mer; alors nous érigeons d'immenses machines aspirantes et nous dépensons 200 tonnes de charbon par jour pour ramener cette eau à une portion seulement de la hauteur d'où nous lui avons permis de tomber. Nous nous épargnerions toute cette peine avec les systèmes proposés.

On parle beaucoup de l'épuisement de nos mines de houille et de la nécessité de conserver notre provision aussi longtemps que possible; quoique la quantité que nous réussirions ainsi à épargner fasse maigre figure auprès de notre consommation annuelle de 100 millions de tonnes, selon M. Stanley Jevons (1), cependant il est bon de constater que c'est là un genre de travail qui peut mieux s'exécuter au moyen de la chaleur solaire que par l'action du charbon; et il ne nous arrive pas souvent de pouvoir ainsi substituer avec avantage des forces naturelles à des forces artificielles.

Quant à la qualité des eaux qu'il est question d'amener à Londres, on trouvera, dans le tableau page 37, des données comparatives montrant les résultats obtenus par l'analyse sur 100 000 parties des eaux provenant du pays de Galles et du Cumberland.

La quantité d'impuretés solides contenues dans une eau est d'une grande importance, même sans tenir compte de la nature des substances qui constituent ces impuretés. Les eaux qui ne laissent qu'un léger résidu après évaporation sont généralement très-propres aux usages domestiques. Elles sont invariablement les meilleures pour toutes les opérations industrielles, car elles épargnent de grands frais de chauffage quand on s'en sert pour les chaudières à vapeur. On m'a montré, il y a quelques jours, des gâteaux de carbonate de chaux, ayant un quart de pouce d'épaisseur, qui avaient été enlevés de la chaudière d'une locomotive à la station du chemin de fer de Deptford; ils s'étaient formés dans cette chaudière en quarante-huit heures seulement. La chaleur traverse cette substance avec une extrême lenteur, de sorte qu'on perd une quantité considérable de combustible.

On verra, d'après le premier des tableaux contre (page 37), qu'en prenant la moyenne de tous les échantillons, la somme totale des impuretés solides s'élève, dans les deux projets, à un septième environ de celle que l'on constate dans les eaux actuelles de Londres. Si nous pouvions espérer que l'eau des nouveaux projets, une fois emmagasinée dans les réservoirs, resterait, sous ce rapport, ce qu'elle est aujourd'hui dans les lacs, la proportion d'impuretés solides descendrait même au dixième environ de ce qu'on rencontre dans les eaux de Londres.

Ce résidu solide est en partie minéral, en partie organique.

Jetons d'abord un coup d'œil sur sa partie organique. Cette matière organique contenue dans l'eau originelle peut être ou morte ou vivante. L'étude de cette dernière classe d'impuretés appartient plutôt au naturaliste qu'au chimiste. Je fais cependant remarquer en passant que cette forme d'impuretés organiques doit nécessairement se trouver en suspension et non en solution; nous ne pouvons concevoir des êtres organisés existant à l'état de solution, cela est impossible. Mais il n'en résulte pas que ces matières tenues en suspension soient toujours enlevées par la filtration.

C'est un fait connu que les germes de plusieurs espèces d'animalcules ne peuvent être séparés par ce moyen et qu'ils passent à travers les meilleurs filtres. On a également établi que ce qu'on croit être le poison du choléra passe à travers les filtres sans y être arrêté. Cette considération est d'une importance extrême quand il s'agit d'une eau qui est souillée par les matières des égouts, et, dans tous les cas, il convient que cette eau soit au moins aussi bien filtrée que possible. On ne peut réellement s'en prendre aux compagnies des eaux de Londres de la qualité originelle de l'eau qu'elles fournissent. Elles ne sauraient empêcher les 800 000 personnes qui habitent les bords de la Tamise de verser leurs égouts dans le fleuve; mais elles peuvent au moins filtrer cette eau corrompue. Elles le peuvent vraiment, et en vertu d'un acte du parlement, elles sont censées être forcées de fournir cette eau sous une forme brillante, transparente et filtrée. Elles doivent donc, de cette sorte, et autant que la filtration le leur permet, enlever de l'eau les impuretés organiques qu'elle tient en suspension et dont elle est souillée.

Mais comment les choses se passent-elles en réalité? Voici un échantillon d'eau que j'ai tiré, le 4 mars, du réservoir de la compagnie de Lambeth. Vous le voyez, l'eau n'est pas filtrée. Elle est filtrée, oui..., par un acte du parlement! Mais il est curieux de remarquer quelle quantité de pollution peut passer à travers un acte du parlement. Voici encore un échantillon d'eau de la même compagnie recueilli le 21 janvier. Or il est sûr que, pendant tout cet intervalle et jusqu'au moment actuel, leur eau a été à peu près dans l'état que vous voyez.

Ceux de mes auditeurs qui reçoivent l'eau de la compagnie de Lambeth ou de la compagnie de Southwark et de Vauxhall, ou encore de la compagnie de Chelsea, peuvent

(1) Voyez la conférence de M. Stanley Jevons sur ce sujet, dans notre tome V, page 606, numéro du 22 août 1868.

Analyse des eaux du comté de Galles, du Cumberland et de Londres.

Pour 100 000 parties d'eau.	PAYS DE GALLES.			CUMBERLAND.			LONDRES.		
	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.
Somme totale d'impuretés solides	9,600	2,790	4,850	13,600	2,140	4,740	59,200	23,120	32,660
Carbone organique	1,040	0,200	0,460	1,059	0,066	0,276	1,020	0,064	0,270
Azote organique	0,013	»	0,006	0,068	»	0,010	0,082	»	0,025
Ammoniaque	0,008	»	0,003	0,006	»	0,002	0,120	»	0,003
Azote sous forme d'azotites et d'azotates	0,068	»	0,017	0,045	»	0,009	0,564	0,054	0,323
Somme totale d'azote combiné	0,069	0,002	0,025	0,088	0,003	0,021	0,578	0,059	0,354
Pollution organique antérieure	360,000	»	47,000	140,000	»	6,000	5330,000	230,000	2930,000
Dureté	3,000	0,400	1,400	8,000	0,700	2,200	30,000	15,400	20,130
Chaux	1,126	0,217	0,599	3,096	0,361	1,113	16,300	8,170	9,822
Magnésie	0,404	0,144	0,288	0,727	0,111	0,272	1,048	0,754	0,890
Potasse	0,243	0,054	0,126	0,267	0,063	0,158	0,964	0,734	0,851
Soude	0,916	0,490	0,679	0,683	0,356	0,532	2,240	0,834	1,666
Acide sulfurique	1,746	0,290	1,093	1,941	0,020	0,969	4,650	2,683	3,674
Acide carbonique	0,614	»	0,201	2,276	0,163	0,691	8,524	5,517	7,187
Acide silicique	0,581	0,026	0,254	0,221	0,061	0,133	0,899	0,715	0,834
Chlore	1,487	0,573	0,876	0,653	0,130	0,490	1,526	1,413	1,480

Analyse des eaux de Londres.

	SOMME TOTALE D'IMPURETÉS SOLIDES.			CARBONE ORGANIQUE.			AZOTE ORGANIQUE.			POLLUT. ANTÉRIEURE.			DURETÉ.		
	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.
TAMISE.															
1867	32,8	23,7	28,5	1,020	0,164	0,272	0,082	»	0,013	3290	1050	2062	22,8	16,0	19,3
Janvier 1868	32,2	29,2	30,9	0,542	0,271	0,399	0,062	0,027	0,048	3360	2920	3150	19,7	15,4	17,3
Février	32,6	30,0	31,4	0,360	0,324	0,339	0,055	0,031	0,043	3130	2790	3010	21,1	18,4	19,3
Mars	32,6	28,8	30,0	0,289	0,136	0,216	0,040	0,012	0,028	2830	2150	2388	21,4	18,3	19,3
LEA.															
1867	35,7	23,1	27,5	0,382	0,104	0,196	0,015	»	0,005	2950	230	1611	23,1	16,3	19,3
Janvier 1868	36,0	30,2	33,1	0,147	0,115	0,131	0,024	0,014	0,019	3300	2760	3030	22,8	20,5	21,6
Février	34,4	30,8	32,6	0,272	0,217	0,244	0,037	0,026	0,031	3400	3240	3320	20,5	20,5	20,5
Mars	30,0	27,4	28,7	0,118	0,059	0,088	0,022	0,010	0,016	2240	1990	2115	20,5	18,5	19,5
KENT.															
1867	42,0	31,8	39,3	0,254	0,088	0,131	0,004	»	0,002	4820	2890	3619	29,1	21,1	25,6
Janvier 1868	»	»	44,8	»	»	0,064	»	»	0,013	»	»	3770	»	»	26,2
Février	»	»	59,2	»	»	0,081	»	»	0,013	»	»	5330	»	»	30,0
Mars	»	»	70,2	»	»	0,093	»	»	0,029	»	»	3680	»	»	32,3

confirmer ce que j'avance relativement à la qualité de l'eau que ces diverses compagnies ont livrée pendant ces deux derniers mois : et ce fait n'est pas limité aux deux derniers mois ; car, pendant toute l'année, l'eau qu'on distribue à Londres est très-imparfaitement filtrée. La compagnie de Southwark, pendant toute l'année dernière, puisait dans un réservoir de l'eau trouble et mal filtrée. Parmi les compagnies qui tirent leur eau de la Tamise, la West-Middlesex et la Grand-Junction sont les deux qui filtrent le mieux leur eau ; mais la seule compagnie qui ait constamment livré de l'eau transparente et bien filtrée, c'est la New-River Company.

J'ai dit qu'on ne pouvait déterminer la quantité absolue de matière organique que l'eau tient en solution ; mais on peut, à l'aide du procédé de combustion que j'ai employé devant vous, évaluer la quantité de carbone et d'azote contenus dans cette matière organique. La quantité de carbone et d'azote organiques contenus dans les eaux dont je vous ai parlé se trouve représentée dans la seconde et dans la troisième ligne du tableau A, et vous verrez, en parcourant la seconde et la troisième colonne du tableau B, que, sous le rapport de

ces éléments constitutifs de la matière organique tenue en dissolution, il n'existe pas de différence bien marquée entre les trois différentes classes d'eau. Il y a excès d'azote organique dans l'eau de Londres, et excès de carbone organique dans l'eau du pays de Galles.

La matière organique dont on a ainsi déterminé les éléments peut être animale ou végétale, et de cette circonstance dépend le degré de sa nocuité ou de son innocuité. Pour savoir si l'origine de cette matière organique est animale ou végétale, il faut comparer dans les résultats des recherches analytiques la proportion de l'azote à celle du carbone : la matière organique d'origine animale contient une plus grande quantité relative d'azote que celle qui provient de végétaux. Il est donc facile de constater que la matière organique des eaux du pays de Galles et du Cumberland diffère de celle que contiennent les eaux de Londres. La proportion d'azote comparée au carbone est beaucoup plus forte dans l'eau de rivière de Londres, surtout lorsque celle-ci est trouble, que dans les eaux du pays de Galles ou du Cumberland, et proclame ainsi l'origine animale d'une partie de la matière organique contenue dans l'eau de la capitale.

Lorsque je vous ai entretenus l'année dernière de ce sujet, j'ai dit qu'en opérant sur un litre d'eau, on pouvait établir la présence de 1 pour 100 d'eaux vannes non oxydées; mais j'ai ajouté que, dans des opérations faites sur une si petite quantité d'eau, une proportion inférieure à celle-là doit être négligée, car elle reste dans les limites possibles des erreurs d'expérience. De même, en opérant sur dix litres d'eau, on peut constater la présence d'un dixième pour 100 d'eaux vannes non oxydées. Cependant ce procédé d'analyse a été tellement amélioré depuis l'année dernière, qu'on peut constater aujourd'hui avec certitude, dans un *seul* litre d'eau, la présence d'une quantité d'azote organique correspondant tout au plus à $\frac{1}{100}$ d'eaux vannes non oxydées. Or, les quatre cinquièmes d'azote organique contenu dans des eaux d'égout de nouvelle formation y existent sous forme d'urée, et cette urée subit une décomposition si rapide pour passer à l'état de carbonate d'ammoniaque, qu'elle ne parvient jamais à la Tamise après avoir quitté les quartiers dont les égouts débouchent dans cette rivière, ou, si elle y parvient, c'est en très-petite quantité. Comme les eaux des égouts de Londres contiennent en moyenne 10 parties d'azote combiné dans 100000 parties, il s'ensuit que 100000 parties de ces eaux, au moment où elles se jettent dans la Tamise, ne contiennent que 2 parties d'azote organique. De plus, si les eaux vannes provenant des 600000 individus dont les latrines se déversent dans la Tamise à un point supérieur aux prises d'eau des compagnies ont un volume proportionnel à celui que fournissent les autres habitants de Londres, elles doivent s'élever à un chiffre de 18 millions de gallons par jour; et si l'on estime le débit moyen du fleuve à Teddington à 800 millions de gallons d'eau par jour, il s'ensuit que la rivière contiendra en ce point 2250 parties d'eaux de latrines dans 100000 parties d'eau, ou, en d'autres termes, 2 1/4 pour 100. Cette quantité d'eaux vannes, en leur supposant la même composition qu'elles présentent à l'endroit où les collecteurs se déversent dans la Tamise, souillerait tout le volume du fleuve seulement dans la proportion de 0,045 parties d'azote organique pour 100000 parties d'eau. Or, au 21 janvier dernier, l'eau tirée par les cinq compagnies qui puisent leurs provisions dans la Tamise renfermait, pour 100000 parties, les quantités suivantes d'azote organique :

Chelsea (trouble)	0,058
West-Middlesex (limpide)	0,027
Southwark (trouble)	0,061
Grand-Junction (limpide)	0,031
Lambeth (trouble)	0,062

On voit que sur les cinq échantillons d'eau, il y en avait trois qui contenaient réellement plus d'azote organique que n'en donnerait le mélange des 18 millions de gallons d'eaux vannes versées dans la Tamise au-dessus du point d'où l'on avait puisé ces échantillons. Mais l'eau de la Tamise tient en dissolution une certaine quantité de matières tourbeuses contenant de l'azote organique. Cependant l'adjonction de cette substance en quantité suffisante pour produire la proportion d'azote organique constatée plus haut, donnerait à l'eau une coloration jaune brunâtre, si on la regardait dans une carafe d'un litre de contenance ; tandis que ces échantillons d'eau de Tamise étaient dépourvus de toute couleur, ou à peu près, une fois qu'on les eut filtrés. Par conséquent, je suis d'avis que l'eau de Tamise livrée à Londres le 21 janvier dernier, par les compagnies de Chelsea, de Southwark et de Lambeth, contenait des eaux vannes non oxydées. Cette opinion est confirmée par les résultats de quelques expériences que j'ai faites dernièrement dans mon laboratoire et qui montrent, contrairement à l'opinion généralement reçue (laquelle n'est cependant basée sur aucune donnée expérimentale certaine) que des eaux vannes dans lesquelles l'urée est déjà décomposée subissent les transformations ultérieures avec une lenteur extrême, même lorsqu'elles sont librement exposées à l'air et mêlées à de grands volumes d'eau. Ainsi j'ai pu constater qu'un mélange composé d'eaux vannes faibles provenant d'un des égouts de Londres avec neuf fois son volume d'eau (celle-ci contenant du bicarbonate de chaux en solution) ne s'oxyde que très-faiblement dans l'espace de huit jours, après avoir été soumis à une température de 20 à 25 degrés centigr. et après avoir subi chaque jour une agitation complète en coulant par petits filets à travers trois pieds d'air. Analysée aussitôt après son mélange, cette eau, souillée par les produits d'égouts, contenait 0,267 parties de carbone organique et 0,081 parties d'azote organique dans 100000 parties; au bout de quatre-vingt-seize heures, elle contenait encore 0,250 parties de carbone organique et 0,058 parties d'azote organique, et même après le laps de cent quatre-vingt-douze heures, la matière organique non décomposée renfermait encore 0,200 parties de carbone organique et 0,054 parties d'azote organique.

A propos de cette question, à savoir, la quantité de matière organique contenue dans l'eau, l'analyse des échantillons tirés du pays de Galles et du Cumberland a révélé un effet très-curieux produit par l'adjonction de débris provenant de mines de plomb et d'autres mines aux eaux des ruisseaux ou des lacs. On a constaté par l'analyse que de l'eau ainsi mélangée aux ruisseaux laiteux qui coulent sous les écraseurs mécaniques des mines contient une quantité extraordinairement petite d'azote organique. Ce fait, comme vous voyez, est nettement établi dans le tableau suivant :

ets des débris de mines de plomb sur la matière organique de l'eau.

	Carbone organique dans 100 000 parties d'eau.	Azote organique dans 100 000 parties d'eau.
EAUX DU CUMBERLAND.		
ridding-Beck	0,116	0,000
eau se jetant dans le Thirlmere	0,066	0,001
rill-Beck	0,262	0,001
EAUX DU PAYS DE GALLES.		
1	0,209	0,000
Clywedog	0,544	0,000
r Clywedog	0,242	0,001
non et Ceryst	0,304	0,001

voit par ce tableau que, tandis que quelques-unes de aux présentent une quantité assez considérable de car- organique, elles contiennent très-peu d'azote organique 1 sont tout à fait dépourvues. De plus, ces eaux, bien les tiennent en dissolution une quantité considérable de ère tourbeuse, ne présentent aucune coloration quand on garde dans une carafe d'un litre. Mais lorsqu'on les re- sous un volume de quinze pieds de profondeur, elles ntent cette magnifique teinte bleue verdâtre de l'eau ument pure — teinte que prend l'eau quand on lui fait rser une couche de charbon animal. Nous pouvons juger ction du charbon animal et des débris de quartz provenant ines de plomb par trois échantillons de l'eau fournie à institution par la compagnie Grand-Junction. Ces échan- s sont renfermés dans les tubes que vous voyez et dont in mesure quinze pieds de longueur. Le tube du milieu ent un échantillon de l'eau telle qu'elle passe à la ci- ; l'eau du second tube a été agitée avec du quartz en re, tandis que l'eau du troisième tube a été filtrée avec harbon animal. Si nous faisons passer à travers chaque un rayon parallèle de lumière électrique, chaque rayon rse une couche d'eau de quinze pieds, et vous constate- insi que le premier tube projette sur l'écran une teinte brunâtre ; le second, une belle teinte verte, et le troi- une teinte turquoise. Les deux dernières rappellent lièrement l'aspect des lacs de Lauerz et de Zug vus du du Rigi. C'est là sans doute la cause principale de cette ifique couleur que possèdent un grand nombre des lacs s; que prend le Rhône, par exemple, quand il quitte de Genève, et le Limmat lorsqu'il sort du lac de Zurich. uisseaux qui se jettent dans ces lacs sont troubles au ent où ils y pénètrent : ils sont remplis alors de quartz ent pulvérisé et d'autres minéraux provenant des détri- es glaciers où ces ruisseaux prennent leur source. Une rrivées aux lacs, ces petites particules de boue déposent ent la matière tourbeuse colorante qu'on rencontre presque toutes les eaux.

te teinte bleue verdâtre commence à se montrer sur de nos lacs, et c'est précisément dans des localités s ruisseaux sortant de mines de plomb viennent se dans les lacs. Près de l'embouchure de ces ruisseaux lai- qui descendent du Glenridding et de l'Old Man pour er dans le lac Ullswater et le lac Coniston, on voit les s de la précipitation et de la disparition des sub- s brunes qui décolorent les eaux naturelles de nos lacs. tient ainsi, pour la première fois peut-être, la preuve qualité d'une eau s'améliore quelquefois en recevant les débris de matières ayant servi à des opérations industrielles. Il s'ensuit qu'il n'est nullement nécessaire de détourner les eaux qui proviennent des mines de plomb ou autres, comme on pourrait le croire à première vue ; au contraire, leur écoulement dans les lacs ajouterait réellement à la qualité de leurs eaux. Elles serviraient à décolorer celles-ci jusqu'à un certain point, et elles tendraient à réduire autant que possible la quantité d'azote organique. D'un autre côté, il n'y a pas lieu de craindre que ces ruisseaux communiquent à l'eau des propriétés nuisibles. On a fait des analyses très-soigneuses pour déterminer quelle quantité de plomb, d'arsenic, de cuivre, ils peuvent contenir : deux fois seulement on a découvert de très-faibles traces de plomb, et la quantité en était tellement minime, qu'elle n'aurait eu absolument aucun effet nuisible, à supposer même qu'on bût de l'eau provenant directement des mines. Noyées dans les grandes masses des lacs, les traces de plomb deviennent tout à fait insaisissables.

L'action funeste exercée, dit-on, sur les poissons par les ruisseaux laiteux provenant des mines, est due très-probablement à l'action mécanique du quartz finement granulé sur leurs organes respiratoires,— effet analogue (bien qu'exagéré) à celui dont souffrent, comme tout le monde le sait, les couteliers de Sheffield.

Ayant ainsi terminé l'étude de la partie organique des impuretés solides des futures eaux de Londres, examinons maintenant la partie minérale, que nous pouvons diviser, pour plus de commodité, en trois classes se rapportant à ses éléments constitutifs les plus importants :

1. Substances qui décomposent le savon.
2. Composés minéraux constituant surtout le fond des eaux décomposées des égouts.
3. Substances toxiques, arsenic, cuivre, plomb.

La première catégorie de substances, celles qui décomposent le savon, communique à l'eau la qualité appelée dureté. Ce sont les sels de chaux et de magnésie. On peut, en se rapportant au tableau analytique que nous avons donné plus haut, comparer la quantité de ces matières trouvées dans les eaux du Cumberland et du pays de Galles à celle que contiennent les eaux actuelles de Londres. La dureté produite par ces substances est également indiquée dans une colonne distincte du même tableau, et l'on peut y constater que les eaux proposées présentent un dixième seulement de la dureté qu'offre l'approvisionnement actuel de Londres.

Les opinions diffèrent quant aux avantages de l'eau douce ou de l'eau dure pour l'usage de la table, et l'on s'est emparé d'arguments tirés de la médecine pour rejeter ou pour prôner l'une et l'autre de ces espèces d'eaux. Par exemple, on a soutenu dans ce pays que l'eau dure est nécessaire à la formation des os, et que nous devons voir dans la profusion des couches calcaires qui composent la croûte terrestre un enseignement de la Providence sur l'avantage de l'eau dure. D'autre part, M. Belgrand a constaté que les habitants des régions à eau dure de la France sont incontestablement sujets à la carie dentaire. Il est probable qu'on aurait la plus grande peine à établir l'une ou l'autre de ces deux assertions. Mais quant à la supériorité évidente de l'eau douce pour le blanchissage, le nettoyage et les opérations industrielles, il ne saurait y avoir deux avis. Pour la seule ville de Glasgow, on a évalué à une somme de 36 000 livres sterling (900 000 francs) l'économie annuelle obtenue par l'introduction des eaux du Loch Katrine au lieu de l'eau précédemment employée, qui

ne présentait cependant qu'un léger degré de dureté. J'ai eu occasion de juger des qualités des deux espèces d'eaux pendant les six ans que je me suis servi de l'eau douce de Manchester, et pendant les dix ans que je me suis servi ensuite de l'eau dure de Londres; je puis dire que ma famille était unanime à préférer l'eau douce pour tous les usages possibles. Lorsque j'ai quitté Manchester pour venir à Londres, notre répugnance à employer l'eau dure de cette dernière ville était pour le moins aussi prononcée que celle qu'a fait éprouver à d'autres personnes un changement opposé.

La dureté des eaux de Londres est surtout ce qu'on appelle une dureté *temporaire*. Je veux dire qu'elle est causée par les carbonates de chaux et de magnésie dont la majeure partie dépose après une ébullition d'une demi-heure. En raison de l'adoucissement qu'on obtient en faisant bouillir cette eau, on considère une eau *temporairement* dure comme étant moins mauvaise qu'une eau offrant un égal degré de dureté *permanente*. Mon expérience personnelle me porte à conclure qu'on a exagéré considérablement les avantages de la dureté temporaire. En réalité, quand on se sert de l'eau chaude pour des usages domestiques, ou l'ébullition n'a pas été portée au degré convenable, ou elle n'a pas été prolongée assez longtemps pour que l'eau soit débarrassée d'une bonne proportion de sa dureté temporaire. Ainsi, comme on le verra par le tableau suivant, l'eau prise dans des chaudières de cuisine d'une maison particulière et de l'Athenæum-club conservait ordinairement à peu près le même degré de dureté que lorsqu'elle était froide.

Date et heure.	Dureté de l'eau froide.	Dureté de l'eau chaude.
	°	°
30 septembre 1867, 8 heures du soir	14,6	13,6
1er octobre — 8 —	14,4	13,9
2 — — 8 heures du matin	14,4	13,4
3 — — 9 heures du soir	14,6	11,6
4 — — 8 heures du matin	1,46	7,6
7 — — 8 heures du soir	14,4	11,7
8 — — 8 heures du matin	14,4	12,1
9 — — 8 heures du soir	15,4	14,3
10 — — 8 heures du soir	15,9	11,9
11 — — 8 heures du matin	15,9	8,4
12 — — 8 heures du matin	16,1	11,9
8 novembre — 5 heures du soir	18,7	18,4
11 — — 5 heures du soir	18,7	18,6
12 — — 6 heures du soir	18,7	18,4

La quantité de savon décomposé par l'usage de diverses eaux pour le blanchissage est établie dans le tableau suivant, auquel on a ajouté certaines eaux du pays de Galles et du Cumberland, afin de pouvoir faire la comparaison.

Savon décomposé par 100 000 livres d'eaux diverses.

	Livres de savon décomposé.
EAUX DE LONDRES.	
Tamise	212
Lea	204
Eau de la compagnie de Kent	265
EAUX D'AUTRES PROVENANCES.	
South-Essex Company's	253
Caterham Company's	84
Eau consommée à Worthing	285
— — Leicester	161
— — Manchester	32
— — Preston	80
— — Glasgow (Loch Katrine)	4
— — Lancaster	1
Lac Bala	5
Lac Thirlmere	8
Lac Haweswater	16
Lac Ullswater	23

Dans des études récemment entreprises pour amener de nouvelles eaux à Paris, l'éminent ingénieur M. Belgrand apprécie toute l'importance de l'eau douce. Après avoir soigneusement recherché les différentes sources dont on pouvait tirer parti, il n'a pas tardé à s'assurer que le choix était malheureusement très-limité : les eaux vraiment douces des sables de Fontainebleau (dont le minimum de dureté est cependant de 6 degrés), et du granite du Morvan (dont le minimum est de 2°,20), sont de simples ruisseaux. En parlant de cette dernière source, M. Belgrand s'exprime ainsi :« Sources qui donnent les eaux les plus pures du bassin de la Seine; déviation vers Paris impossible, en raison du peu d'importance des sources.» On en vint à cette conclusion que la Vanne avec ses 17 à 20 degrés de dureté, et dont l'eau est un peu plus douce que celle de la Tamise, était la seule source d'eau douce dont on pût tirer parti; après avoir démontré ce fait, M. Belgrand console les Parisiens en leur disant que « les eaux du granite, du greensand et des sables de Fontainebleau, qui sont chimiquement plus pures, sont beaucoup moins agréables à boire. »

La seconde catégorie de substances organiques contenues dans les impuretés solides des eaux est formée *par les composés minéraux qui constituent surtout la charpente des eaux décomposées des égouts*. Les matières organiques azotées et putrescibles qu'on rencontre dans l'eau ou dans le sol que celle-ci a traversé, subissent une oxydation et une décomposition graduelles, par suite desquelles leur carbone et leur hydrogène se convertissent en acide carbonique et en eau, et leur azote en ammoniaque et en acides nitreux ou nitrique. Ces trois dernières substances persistent dans l'eau et fournissent ainsi la preuve d'une pollution antérieure par de la matière organique putrescible contenant de l'azote. Mais l'eau de pluie contient toujours de l'ammoniaque ainsi que des acides nitreux et nitrique, comme l'a démontré le docteur Bence Jones. La quantité d'azote existant sous ces diverses formes dans l'eau de pluie forme, en se mêlant aux rivières et aux sources, un total de 0,032 dans 100 000 parties d'eau. On doit donc, du chiffre fourni par l'analyse, déduire cette quantité d'azote comme provenant de sources aériennes. Le reste, si toutefois il y en a un, représente l'azote provenant de la matière organique putréfiée avec laquelle l'eau s'est trouvée en contact. Pour exprimer ce fait en termes connus, j'emploie des eaux vannes de Londres filtrées et de moyenne qualité, et contenant dans 100 000 parties 10 parties d'azote sous forme de matière organique putrescible. Ainsi une eau présentant, après la déduction de l'azote d'origine aérienne, une partie d'azote dans 100 000, sous forme d'acide azoteux, d'acide azotique et d'ammoniaque, renfermerait dans 100 000 parties un résidu azoté ou une pollution antérieure égale à celle contenue dans 100 000 parties d'eaux vannes de Londres filtrées et de moyenne qualité ordinaire. On dira donc de cette eau qu'elle contient une pollution antérieure de 10 000 parties dans environ 100 000 parties. Mais on peut se demander si telle est bien la représentation exacte de l'histoire antérieure de l'eau sous ce rapport? Je crois qu'il en est ainsi, du moins dans l'état actuel des choses. Je crois que cet azote indique avec une aussi grande évidence une quantité de matière organique azotée existant antérieurement, que les os d'un mégathérium démontrent l'existence antérieure d'un individu de cette espèce. Mais de même que les traces géologiques d'organismes antérieurs sont imparfaites, de même les

traces d'azote ne sont pas complètes. De même que des agents chimiques et mécaniques ont brisé et dispersé les restes de millions d'animaux durant les longues périodes géologiques, de même l'action des plantes aquatiques, et peut-être aussi d'animaux vivants, enlève à l'eau, dans l'espace de quelques heures ou de quelques jours, une certaine quantité de pollution organique antérieure. Ainsi, en emmagasinant ses eaux dans de vastes réservoirs, la compagnie East-London a fait descendre, l'été dernier, la pollution organique antérieure de la rivière Lea de 2000 parties à 230 parties pour 100 000 parties d'eau. La détermination de la pollution organique antérieure fournie par l'analyse est donc encore au-dessous du chiffre réel.

Mais, outre cette provenance aérienne, dont il faut tenir compte, n'existe-t-il pas encore d'autre source de cette pollution antérieure que les eaux des égouts et celles qui ont traversé les terrains fumés? Cette pollution antérieure ne peut-elle provenir aussi de la décomposition de matières végétales, de matières tourbeuses, par exemple? Sans nier d'une façon absolue la possibilité de ce fait, je crois pouvoir affirmer que nulle part, dans ce pays du moins et sur tout le continent de l'Europe, on ne rencontre des nitrates, des nitrites et de l'ammoniaque de provenance végétale, en quantité assez considérable pour infirmer d'une façon appréciable l'exactitude de ma proposition, savoir : que l'azote qu'on rencontre dans l'eau sous les formes ci-dessus indiquées, et qui dérive de sources terrestres, est dû, en substance, à la décomposition et à l'oxydation des matières provenant des égouts et des terrains fumés.

Contre cette manière d'expliquer l'origine et la signification de ces diverses formes d'azote combiné, on a élevé cette objection que des eaux tirées de puits relativement profonds, creusés dans la craie, par exemple, en renferment des quantités considérables. Ainsi l'eau de la compagnie du Kent présente une pollution antérieure de 3000 à 5000 parties dans 100000. On comprend difficilement comment une telle objection a pu naître, et elle disparaît au plus léger examen. Par exemple, dans le cas précédent, on sait très-bien qu'une partie fort considérable de l'eau accumulée dans la craie du bassin de Londres provient du drainage de terrains fumés : c'est là sans doute ce qui explique la proportion considérable de nitrates existant dans cette eau.

D'après l'analyse de M. Way, l'eau de drainage provenant de terrains cultivés contient une quantité de nitrates correspondant aux proportions suivantes de pollution antérieure dans 100 000 parties.

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Pollution antérieure résultant de l'eau de drainage de terrains cultivés	54490	7040	20370
Pollution antérieure résultant de l'eau de drainage de prairies non fumées	2100	180	830

Le tableau suivant contenant les résultats de l'analyse de diverses eaux de puits fournit d'autres exemples de ce fait.

Somme de pollution antérieure, résultant des eaux des égouts et des eaux de fumier, constatée dans 100 000 *parties de diverses eaux de puits.*

Noms des eaux.	Ammoniaque.	Azote sous forme d'azotates et d'azotites.	Pollution antérieure.
Puits artésien de Grenelle	»	0,006	»
Puits de craie à Caterham	0,009	»	»
Eau livrée par la compagnie de Kent	0,001	0,408	3770
Eau livrée à Worthing	»	0,426	3940
Eau livrée par la compagnie Essex du sud	0,006	0,848	8205
Puits peu profond à Leyland, près de Preston	0,003	2,466	24360
Puits peu profond à Ledbury	0,001	1,575	15440
— à Redhill	0,002	1,446	14160
— à Aldgate	»	3,840	38080
— aux Minories	»	5,738	57060
— au marché de Leadenhall	»	5,769	57370
— dans le cimetière de Saint-Nicholas Olave	»	7,596	75640
Puits de la rue Traversine, à Paris		30,029	299780
Puits de l'Institution royale (Londres)	0,001	4,355	43240

Sauf deux exceptions remarquables, ces résultats montrent que la plus grande somme de pollution antérieure se trouve précisément aux endroits qu'on eût pu soupçonner d'avance. Ainsi le puits peu profond de Leyland, près de Preston, s'alimente presque exclusivement des infiltrations des égouts et des jardins du marché, infiltrations qui s'opèrent à travers un sol sablonneux chargé d'excréments humains, de fumier d'écuries et de guano ; on ne sera donc pas surpris d'apprendre que près de 25 pour 100 de cette eau se trouve, pour la pollution antérieure, dans un état équivalant aux produits ordinaires des égouts de Londres. Il est à peine nécessaire d'attirer votre attention sur la qualité de l'eau puisée dans quatre pompes de la Cité (de Londres) et dans le puits de l'Institution royale (1). Chacun sait aujourd'hui que ces puits peu profonds sont alimentés par des produits d'égouts oxydés et légèrement dilués. Mais c'est dans le puits de la rue Traversine, à Paris, que ce genre de pollution atteint peut-être son apogée. Le système des fosses d'aisances est toujours en pleine activité à Paris, et le sol de cette ville est saturé d'infiltrations excrémentitielles d'une telle concentration, qu'un gallon de cette matière équivaut à trois gallons des eaux ordinaires des égouts de Londres (2).

Comme je l'ai déjà dit, le tableau donné plus haut présente deux exceptions remarquables, par rapport à la pollution antérieure des eaux de puits. Ce sont le puits artésien de

(1) Comme cette eau a longtemps joui d'une grande réputation parmi le personnel de cette institution, et comme on m'a souvent prié avec instance de lever l'interdiction que j'avais mise sur son usage, lors de l'épidémie cholérique en 1866, j'ajoute pour ma propre justification une analyse plus complète de cette eau :

	Dans 100 000 parties.
Somme totale des impuretés solides	93,7
Carbone organique	0,440
Azote organique	0,085
Azote sous forme d'azotites et d'azotates	4,355
Ammoniaque	0,001
Azote combiné	4,441
Pollution antérieure	43240
Pollution actuelle résultant des produits non oxydés des égouts	4250
Dureté	32,5

Les gaz dissous dans cette eau contenaient à peine des traces d'oxygène. Un verre de cette eau, du volume d'une demi-pinte, contient près d'un quart de pinte d'eau ayant eu auparavant la constitution des eaux vannes de Londres, sans compter une cuillerée à dessert d'impuretés formées par la pollution actuelle. *Il semblerait donc que des produits d'égouts filtrés et passablement oxydés dussent fournir l'approvisionnement le plus populaire de Londres.* On peut juger par là combien on doit compter sur l'instinct en pareille matière.

(2) La rue Traversine vient de disparaître dans le percement de la rue Monge et de la partie est de la rue des Écoles. Elle était située presque au centre de ce quartier Saint-Victor, toujours un des plus éprouvés par le choléra.

Grenelle et le puits creusé dans la craie, de la compagnie de Caterham. Quant au premier, il est évident que la pression de l'eau qui supporte une colonne de 122 pieds au-dessus de la surface de Grenelle, rend impossible le mélange des infiltrations ordinaires de Paris, et cependant on ne peut guère douter que l'eau qui alimente la craie du bassin de Paris ne soit, jusqu'à un certain point, souillée par des infiltrations provenant de terrains fumés, bien que le sol qu'elle traverse soit bien moins cultivé, en général, que celui que traverse l'eau de la craie de Londres. L'eau fournie par la compagnie de Caterham est tirée, je crois, d'un puits plus profond que celui des compagnies de Kent et de South-Essex. Si l'on met cette circonstance en regard du fait observé par M. Dugald Campbell, à savoir, que l'eau des puits creusés profondément dans la craie ne contient plus aucune trace de nitrates, tandis qu'il en est tout autrement des puits peu profonds qui atteignent la même couche géologique; et si l'on se rappelle en même temps cet autre fait, que l'eau communique entre les deux couches de craie, on arrive à cette conclusion que la craie possède la propriété de débarrasser l'eau de ses nitrates. En admettant cette propriété, nous pouvons aussi nous expliquer pourquoi l'eau provenant de puits creusés superficiellement dans la craie présente une pollution antérieure beaucoup moins considérable qu'on ne l'aurait supposé : la quantité moyenne de nitrates trouvée par M. Way dans l'eau de drainage indiquerait, pour l'eau provenant de la craie, une pollution antérieure égale à environ 20 000 parties sur 100 000, tandis que la pollution constatée dans les eaux des compagnies de Kent, de Worthing et de South-Essex est seulement de 3770 parties sur 100 000 pour Kent, de 3940 pour Worthing et de 8205 pour South-Essex.

J'ai voulu pousser plus loin cette étude, et comparer à ce point de vue les eaux de plusieurs rivières et lacs, ainsi que des eaux de fontaines. Pour ce qui concerne les eaux des pays étrangers, je dois beaucoup aux recherches de M. Boussingault sur la présence des nitrates dans ces eaux. Les tableaux suivants contiennent les résultats de cette étude :

Pollution antérieure dans 100 000 parties de diverses eaux de lacs et de rivières.

Noms des eaux.	Ammoniaque.	Azote sous forme d'azotates et d'azotites.	Pollution antérieure.
EAUX DE RIVIÈRES.			
Le Nil	»	0,102	700
Le Rhin, à Bâle	»	0,026	0
La Seine, à Notre-Dame	»	0,152	1200
L'Ourcq	»	0,223	1910
La Tamise	0,005	0,234	2062
La Lea	0,002	0,220	1901
Severn, près de sa source	0,003	0,007	0
Lower Clywedog	0,004	0,006	0
Tarannon	0,008	0,024	0
Ceryst	0,001	0,052	210
Carno	0,003	0,049	190
Banw et Eira	0,004	0,023	0
Vyrnwy	0,003	0,011	0
Tylwch	0,003	0,004	0
Upper Rothay	0,003	0,002	0
Lowther	0,002	0,003	0
Kent	0,001	0,045	140
Sprint	»	0,021	0
Quatorze autres cours d'eau du Cumberland	»	»	0
EAUX DE LACS.			
Bala	0,001	»	0
Thirlmere	0,003	0,002	0
Haweswater	0,004	»	0
Ullswater	0,003	0,005	0
Watendlath Tarn	0,002	0,006	0
Loch Katrine	0,002	0,031	0
Cinq lacs et Tarns examinés par Boussingault	»	»	0

Pollution antérieure dans 100 000 parties de diverses eaux de fontaines.

Noms des eaux.	Ammoniaque.	Azote sous forme d'azotates et d'azotites.	Pollution antérieure.
Mother Ludlaw's Cave	0,001	0,034	30
Eau consommée à Ferette (Haut-Rhin)	»	0,039	70
Source près de Dürmenach (Haut-Rhin)	»	0,114	820
Source du Roppensviller (Haut-Rhin)	»	0,168	1360
— d'Arcueil	»	1,111	10790
— des Buttes Montmartre	»	8,563	85310
— du Martinet	»	0,557	5250
— des Trois-Meules, Saint-Étienne	»	0,210	1780
Source à Nîmes	»	0,129	970
Ebersbronn (Bas-Rhin)	»	0,447	4150
Eau consommée à Woerth-sur-Saüer (Bas-Rhin)	»	0,259	2270
Source de l'Ill, près de Winckel (Haut-Rhin)	»	0,104	720
Source du Liebfrauenberg (Bas-Rhin)	»	0,005	0
Seltz (Bas-Rhin)	»	0,008	0
Eau minérale de Bussang (Vosges)	»	0,003	0
Eau consommée à Thann (Haut-Rhin)	»	0,010	0
Source de Boelacker (Haut-Rhin)	»	0,018	0
Source au château de Fleckenstein (Bas-Rhin)	»	traces	0
Source thermale à Baden	»	0,016	0
— — à Dax	»	0,013	0
Source de la Presle (Pyrénées-Orientales)	»	0,013	0

Les résultats contenus dans ces deux tables jettent une nouvelle et vive lumière sur cette forme de pollution de l'eau. Ils nous montrent, en premier lieu, que les eaux qui n'ont point subi de contact impur présentent très-peu de pollution antérieure ou n'en présentent pas du tout : ainsi, dans tout le district du Cumberland et du Westmoreland, on n'observe qu'un seul cas de pollution antérieure, celui de l'Upper Kent, — dont les rives, comme le savent les touristes, présentent quelques terres cultivées, — mais dans des proportions très-restreintes. Dans les eaux du pays de Galles, nous ne constatons que trois exemples de ce fait. L'eau de source qui sort du greensand, au-dessous d'une surface non cultivée, mais recouverte de bruyères, à Mother Ludlaw's Cave, près de Farnham, contient de légères traces de cette souillure, tandis que les eaux des neuf sources, sur le Rhin, dans les Vosges et dans les Pyrénées, examinées par M. Boussingault, ne présentent aucun indice d'une pollution antérieure. D'autre part la fontaine alimentée par la source du But, qui jaillit non loin du cimetière Montmartre à Paris, laisse deviner tout de suite ses antécédents, et présente une pollution antérieure de 85 310 parties sur 100 000. Comme on le voit dans le tableau ci-dessus, l'eau du canal de l'Ourcq, dont on se sert aujourd'hui uniquement pour arroser les rues de Paris, décèle une somme de pollution antérieure un peu inférieure à celle de la Tamise.

Mais quelle importance peut avoir cette pollution antérieure? Ces composés minéraux sont sans danger, pourquoi donc nous en occuper? Ils sont sans danger par eux-mêmes, c'est vrai, ou à peu près; mais en nous donnant la preuve que l'eau s'est trouvée en contact avec des matières animales en décomposition, ils apportent contre cette eau l'accusation la plus grave. Ces débris de matières animales contiennent, on le sait, les principes les plus nuisibles à la vie humaine, et ces principes nuisibles, comme nous le croyons sur la foi de preuves très-concluantes, sont constitués par des spores, des germes d'organismes capables, sous l'influence de circonstances favorables, de produire chez l'homme des maladies comme le choléra, la fièvre typhoïde et la dysenterie. Or, ces spores ou ces germes, doués d'une grande vitalité, résistent, selon toute probabilité, aux agents oxydants qui convertissent le reste des matières animales en acide carbonique, en eau, en acide nitrique, en acide nitreux et en ammoniaque. Par exemple, si l'on bat avec de l'eau le contenu d'un œuf et si on le jette dans la Tamise à Oxford, la matière organique aura probablement été oxydée d'une manière complète et convertie en des composés minéraux avant d'atteindre Teddington; mais si l'on jette l'œuf avec sa coquille intacte dans la Tamise à Oxford, il arriverait jusqu'à Teddington (s'il avait toutefois conservé sa vitalité), sans que sa matière organique ait subi la moindre décomposition. Il n'est point douteux que les spores ou germes d'un grand nombre d'organismes soient capables de résister de la même manière et pendant longtemps à l'action décomposante de l'eau. Or, on ne connaît aucun procédé pratique par lequel on pourrait débarrasser l'eau de ces organismes ou détruire leur vitalité, quand une fois ils y ont été introduits. Ce n'est pas la filtration qui est capable de rendre ce service. Tous les ingénieurs savent que l'eau est souvent souillée de matières en suspension et visibles qu'on ne peut enlever au moyen de la filtration. Ainsi M. Belgrand déclare que « lorsque l'eau est troublée dans le fleuve, elle sort louche de nos filtres ». Ailleurs encore il dit, en parlant plus spécialement de l'approvisionnement actuel de Londres, que « le mode de dégrossissage employé par les grandes compagnies anglaises, *très-convenable à Londres, où l'on ne boit pas d'eau, ne vaut rien à Paris, où les femmes, les enfants, les vieillards de la classe ouvrière n'ont pas d'autre boisson.* J'ai constaté par moi-même, et les ingénieurs anglais n'en disconviennent pas, que l'eau sort des filtres *très-chargée de matières organiques.* » Enfin, dans une communication faite à l'Académie des sciences de Paris, et où il décrit les résultats de ses recherches extrêmement remarquables sur les virus du vaccin et de la variole, M. Chauveau nous dit, en parlant des germes organiques contenus dans ces virus, « qu'ils ne se déposent jamais complétement dans les couches profondes du milieu ambiant et passent à travers tous les filtres. »

On ne peut compter davantage, pour détruire ces germes, sur l'ébullition prolongée même pendant plusieurs heures. On a montré en effet que certains de ces germes avaient conservé toute leur vitalité après une ébullition de quatre heures (1). En fait, aujourd'hui il n'est plus possible de contester que les cas de soi-disant génération spontanée n'aient tous eu leur origine dans l'ignorance où l'on était de la ténacité excessive de vie que possèdent les germes des organismes les plus inférieurs.

Il ne faut donc rien moins que la distillation, telle qu'elle se produit par la nature, pour débarrasser complétement de ses composés nuisibles une eau corrompue par les produits des égouts. La filtration poussée à l'extrême constitue cependant une certaine sauvegarde. Lorsqu'il s'agit d'eau provenant de sources situées dans des couches de craie, nous pourrions donc, — si nous étions certains que cette eau a parfaitement filtré à travers une centaine de pieds de craie, et qu'aucune partie n'en est parvenue jusqu'au puits par des crevasses ou des fissures, — nous pourrions, dis-je, attacher moins d'importance à la présence dans cette eau d'une pollution antérieure que nous n'en attacherions à cette même présence dans de l'eau de rivière. Dans ce dernier cas, en effet, il y a peu d'espoir que les matières nuisibles des égouts, dissoutes et tenues en suspension dans l'eau, soient détruites avant d'arriver jusqu'au consommateur. Nous ne devons pas oublier que la simple dilution ne réussit pas non plus à détruire les propriétés nuisibles de ces germes en suspension, et sous ce rapport ceux-ci diffèrent d'une façon remarquable des poisons solubles. Si l'on jetait chaque jour dans la Tamise mille doses mortelles de strychnine à la hauteur d'Oxford, ce fait devrait moins alarmer les buveurs d'eau de Londres que ce déversage actuel des égouts d'Oxford dans le fleuve, parce que la dilution excessive de la strychnine, qui est soluble, ôterait absolument toute action physiologique à cette substance. Chaque germe nuisible et vivant porte au contraire en lui-même la faculté de se multiplier à l'infini et de produire des désordres organiques. Une faible quantité d'eau, de quoi remplir un verre à madère, peut contenir un de ces germes; tandis qu'il faudrait boire des milliers de gallons d'eau pour absorber, dans les conditions dont j'ai parlé à l'instant, une dose nuisible de strychnine. Je pense donc que lorsqu'une fois une eau a été souillée par des impuretés provenant des égouts, on ne doit plus jamais s'en servir pour des usages domestiques, quand on peut se pourvoir à une autre source; j'adhère à l'opinion de M. Belgrand et au principe qui l'a guidé dans le choix d'un nouvel approvisionnement d'eau pour Paris. — « On a dit des eaux potables, qu'elles étaient comme la femme de César, qu'elles ne devaient pas même être soupçonnées, et c'est mon avis. »

Quelques mots suffiront pour la troisième classe d'impuretés solides présentes dans l'eau, à savoir, les *substances toxiques, telles que l'arsenic, le cuivre et le plomb.* Il n'y a chance de rencontrer ces substances que dans les eaux qui ont servi à des opérations de métallurgie. Jusqu'à présent une seule de ces substances, le plomb, a pu être découverte dans les eaux proposées pour le nouvel approvisionnement de Londres, seulement dans deux cours d'eau du Cumberland, et en quantité si minime, qu'il n'est même pas nécessaire de s'en occuper.

Le tableau suivant permet de juger par comparaison de la quantité et de la qualité des gaz contenus dans les eaux actuelles de Londres et dans celles qu'on se propose d'y amener.

Comme vous le voyez, les gaz contenus dans les eaux du pays de Galles et du Cumberland se rapprochent considérablement, sous le rapport de la quantité et de la nature, de ceux qu'on rencontre dans de l'eau fraîchement distillée. Comme ces eaux sont accumulées près des chaînes de monta-

(1) Voyez les faits observés par Lindley, Payen et Pouchet, dans notre tome IV, page 48, et dans notre tome V, page 14, 7 décembre 1867.

GAZ.	EAUX DU PAYS DE GALLES.			EAUX DU CUMBERLAND.			EAU DE LA TAMISE.			EAU DISTILLÉE.
	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.	
Azote	1,412	1,226	1,323	1,551	1,310	1,424	1,723	1,588	1,656	1,133
Oxygène	0,642	0,566	0,612	0,749	0,667	0,726	0,832	0,771	0,801	0,617
Acide carbonique	0,335	0,107	0,227	0,793	0,085	0,281	4,121	3,182	3,652	0,105
	2,389	1,899	2,162	3,093	2,062	2,431	6,676	5,541	6,109	1,855

gnes qui constituent les grands condensateurs de la distillation naturelle, elles fournissent précisément les résultats que nous aurions pu prévoir. Les eaux de Londres s'en éloignent surtout en ce qu'elles renferment une plus grande quantité d'acide carbonique en solution, ce qui fait qu'elles ont un aspect petillant.

Les eaux petillantes sont généralement préférées par le public, bien qu'elles doivent communément cette qualité à leur contact prolongé avec de la matière organique en décomposition. C'est ainsi qu'un grand nombre de personnes recherchent encore ces eaux de pompe très-petillantes qu'on trouve à Londres. D'autre part, les eaux douces ne sont pas nécessairement insipides : on ne peut rencontrer une eau plus délicieuse que celle des fontaines publiques de Glasgow alimentées par le Loch Katrine; et cependant je trouve que 100 volumes de cette eau ne contiennent que les gaz suivants :

	Volumes.
Azote	1,731
Oxygène	0,704
Acide carbonique	0,113
	2,548

Action de l'eau sur le plomb. — Les conditions qui déterminent l'action ou la non-action de l'eau sur le plomb sont encore entourées d'une très-grande obscurité. MM. Graham, Miller et Hofmann, qui formaient une commission nommée par le gouvernement, en 1851, pour étudier la question du nouvel approvisionnement d'eau de la capitale, ont établi que la présence de l'oxygène en dissolution et l'absence de plus de 3 volumes d'acide carbonique dans 100 volumes d'eau se trouvent au nombre des conditions nécessaires pour que l'eau exerce une action sur le plomb.

Toute la provision d'eau actuelle de la capitale est parfaitement protégée contre la possibilité de cette action, par suite de la grande quantité d'acide carbonique qu'elle contient. Mais il est évident que ce problème comporte d'autres conditions ; car tous les échantillons d'eau sortis du pays de Galles et du Cumberland contiennent, comme l'ont montré les résultats analytiques qui précèdent, de l'oxygène en dissolution, tandis que pas un ne possède une quantité d'acide carbonique assez grande pour le protéger contre l'action du plomb; il s'en faut même de beaucoup. Eh bien ! quelques-unes de ces eaux agissent énergiquement sur le plomb, tandis que d'autres restent sans aucune action sur ce métal. J'ai eu récemment l'occasion de remarquer qu'un échantillon d'eau distillée qui exerçait une action puissante sur le plomb perdit cette qualité après un contact momentané avec du charbon animal. Agissant sur cette donnée, j'ai fait des recherches ultérieures, et j'ai constaté qu'une petite quantité du principal élément constitutif du noir animal, le phosphate de chaux, protége complétement l'eau contre la possibilité de cette action sur le plomb. Je me suis mis alors à rechercher avec grand soin la présence du phosphate de chaux dans l'eau de la rivière Kent (Upper Kent), qui est remarquable par son action violente sur le plomb, et l'eau de la rivière Vyrnwy qui, tout en étant presque aussi douce que de l'eau distillée, n'exerce pas la moindre action sur le plomb, même quand on la met en contact pendant vingt-quatre heures avec une surface brillante et fraîchement coupée de ce métal. Mon analyse eut pour résultat d'établir que l'eau de la Vyrnwy contenait une quantité appréciable de phosphate de chaux, tandis qu'on n'en pouvait découvrir la moindre trace dans celle de l'Upper Kent. On a examiné avec soin les eaux des districts proposés pour voir comment elles se comporteraient au point de vue du plomb, et les résultats de cet examen permettent d'affirmer en toute sécurité qu'on ne doit craindre aucun danger sous ce rapport, si l'on prend ces eaux de l'un ou de l'autre de ces districts pour les amener à Londres. Je vous montre ici des échantillons de plomb placés dans de l'eau de diverses qualités, afin de vous fournir quelques exemples des différents points sur lesquels je viens de m'arrêter.

Je vais enfin placer devant vous, dans ces vastes cylindres contenant chacun plus d'un gallon, des échantillons des eaux du pays de Galles et du Cumberland placés à côté d'échantillons semblables d'eau de la Tamise; ces derniers échantillons représentent positivement la qualité des 3/5 de l'eau qu'on a livrée à la consommation de Londres depuis le 21 janvier dernier.

Mais on peut se demander si ces eaux du pays de Galles ou du Cumberland parviendraient jusqu'à la capitale dans cet état incolore, transparent, et avec ces qualités de douceur, après avoir traversé un aqueduc long de 180 à 280 milles ? Laissez-moi vous dire quels seront, je m'imagine, les effets d'un tel conduit sur cette eau. Pendant les deux ou trois premières années, il se dissoudra dans l'eau une certaine quantité de chaux provenant de la surface du cément dans le conduit, et cette chaux communiquera d'abord une dureté qui ne dépassera pas 5 degrés. Cet effet disparaîtra graduellement, et, après un laps de deux ou trois ans, l'eau livrée à Londres sera d'une qualité même supérieure à celle de ses sources, parce qu'elle sera mieux aérée qu'au moment de partir pour son long voyage.

En ce moment, l'eau du Loch Katrine traverse un conduit de maçonnerie long de 26 milles; j'ai examiné et comparé derniè-

rement sa dureté au moment où elle quitte le lac à sa dureté au moment où elle est livrée à la consommation. Au moment de la livraison à Glasgow, cette dureté n'est que de 0°,3, précisément la même que celle du lac. Par conséquent, son passage à travers 26 milles de tuyaux d'écoulement n'a ajouté aucun élément de dureté à l'eau. Or, si 26 milles de conduit n'ont point affecté la dureté de l'eau, je me crois en droit de conclure que 180 ou 280 milles de conduit, pourvu qu'on les construise convenablement, ne pourront exercer aucune action de ce genre après un laps de quelques années. A l'époque où j'ai fait ces dernières expériences, il y avait sept ans que l'eau du Loch Katrine suivait son trajet dans ces tuyaux.

Tels sont les points principaux que j'ai voulu soumettre à votre attention, à l'occasion des projets relatifs aux eaux de Londres. C'est un résumé des recherches analytiques faites sur les eaux actuelles de Londres d'une part, et sur des échantillons fournis par les districts du pays de Galles et du Cumberland d'autre part. Les résultats de ces recherches m'ont conduit à poser les conclusions suivantes :

1° Les eaux livrées en ce moment à la consommation de Londres sont fortement souillées par les impuretés provenant des égouts. L'analyse, d'une part, et la statistique, de l'autre, concordent pour établir ce fait, que chaque verre d'eau de la Tamise prise par les compagnies contient une cuillerée à thé d'eaux vannes, c'est-à-dire de matières excrémentitielles.

2° Bien que ces eaux vannes soient généralement oxydées en grande partie, avant la livraison de l'eau à Londres, on ne peut cependant être nullement sûr qu'elles sont débarrassées de toutes leurs propriétés nuisibles, parce que ces propriétés sont, selon toute probabilité, contenues dans la portion de matière organique qui se trouve suspendue mécaniquement dans l'eau et qui est la moins apte à subir une oxydation.

3° L'eau de rivière livrée à Londres est souvent très-imparfaitement filtrée ; il en résulte que l'eau fournie aux consommateurs n'est même pas complétement débarrassée des matières organiques provenant des égouts et qui s'y tiennent visiblement en suspension. Une fois seulement, pendant toute l'année 1867, j'ai pu obtenir un échantillon d'eau transparente dans les réservoirs de la compagnie de Southwark. Sur les douze fois que j'ai pris des échantillons des différentes eaux pour les soumettre à l'analyse, quatre fois l'eau de la compagnie Grand-Junction fut trouble ; trois fois celle de Chelsea, deux fois celle de West-Middlesex, de Lambeth et de East-London. Seule, la compagnie New-River a livré pendant toute l'année de l'eau filtrée.

4° La qualité de l'eau consommée à Londres est de beaucoup inférieure à celle de toute autre ville du Royaume-Uni que j'aie examinée.

5° La distribution de l'eau dans la métropole se fait toujours, sauf de légères exceptions, d'après le système intermittent, système qui a été aboli dans presque toutes les villes importantes du Royaume-Uni.

6° L'eau qu'on se propose de tirer, soit du pays de Galles, soit du district de Cumberland, est d'excellente qualité. Elle est égale, quand elle n'est pas supérieure, à l'eau de n'importe quelle ville de la Grande-Bretagne.

7° Les eaux des districts en question sont extrêmement douces, agréables à boire, bien aérées.

8° Elles n'ont jamais été souillées par des impuretés, et sont par conséquent à l'abri de tout soupçon.

Il dépend des intelligents habitants de cette capitale de choisir entre l'ancien système et celui qu'on leur propose. Irez-vous puiser à une source de l'eau pure et libre de toute souillure, ou devez-vous continuer à vous servir de votre approvisionnement actuel ? Je puis deviner votre opinion, mais il ne faut pas tarder à la mettre en pratique. Ces sources splendides, dont vous pouvez profiter aujourd'hui, ne resteront pas toujours à votre disposition.

Pour terminer, je demande la permission de vous citer l'opinion d'une de nos plus hautes autorités médicales sur les dangers d'une eau souillée par toutes les impuretés qui proviennent des égouts. Ce n'est pas un sujet agréable, mais il mérite, au plus haut degré, d'occuper l'attention de tout individu sorti de l'état de barbarie.

Dans son rapport sur l'épidémie cholérique de 1866, M. Simon, l'officier médical du conseil privé, s'exprime en ces termes : « On ne peut répéter trop distinctement qu'il est démontré aujourd'hui, avec une certitude presque absolue, que lorsqu'une personne est frappée du choléra dans ce pays, c'est qu'elle a été exposée à une pollution par les excréments; que ce qui lui a donné la maladie, c'est (médiatement ou immédiatement) le contagium cholérique rejeté des intestins d'une autre personne ; c'est que, en un mot, la diffusion du choléra parmi nous dépend entièrement des coupables facilités qu'on laisse aux individus, surtout dans nos grandes villes, de souiller la terre, l'air et l'eau, et, par conséquent, d'infecter l'homme, avec tous les contagiums contenus dans les divers produits d'égouts. La terre saturée d'excréments, l'air rempli des émanations d'excréments, l'eau souillée d'excréments, — voilà quelles sont pour nous les causes du choléra. Il peut être fort vrai que toutes ces causes n'agissent chacune de leur côté qu'autant que l'excrément est un excrément cholérique, et que l'excrément cholérique à son tour n'agisse qu'autant qu'il contient certains fungus microscopiques ; mais quelle que soit la vérité abstraite de ces propositions, leur application individuelle est impossible. Nulle part en dehors de Laputa, on ne saurait s'amuser à diviser les excréments en groupes normaux et groupes diarrhéiques, ou à employer la plus haute puissance du microscope pour saisir l'identité du cylindro-tænium, afin de procéder à sa destruction. Ce que nous devons faire, c'est d'empêcher toutes les sortes d'excréments de nous empoisonner par leur décomposition.

» Et c'est ainsi que je répète l'avis pratique que je donne depuis de longues années. Les conditions locales de sécurité sont par-dessus tout les deux suivantes : 1° Pourvoir par des constructions appropriées à ce que tous les produits excrémentitiels d'une population soient si promptement et si complétement enlevés, que le lieu habité soit débarrassé tant pour le sol que pour l'atmosphère de toute impureté fécale. 2° Pourvoir à ce que la provision d'eau d'une population soit tirée de telles sources et transportée par de tels moyens, qu'il lui soit tout à fait impossible d'être souillée par des excréments. »

Les bons résultats qu'on peut obtenir par l'emploi de mesures qui ne font qu'approcher, même grossièrement, de ces règles sanitaires modèles, ont été déjà surabondamment démontrés dans cette ville. Chacun sait comment les districts méridionaux de Londres, peuplés de trois quarts de million d'habitants, ont graduellement acquis une immunité *relative* au choléra *à mesure* que leurs deux compagnies d'eaux ont cessé

de distribuer de l'eau corrompue par le contenu des égouts (1).

Le fait que le choléra est encore un sujet de terreur pour l'Europe montre combien on comprend peu les exemples de ce genre. Même ici, en Angleterre, les buts que j'ai indiqués comme étant d'une importance suprême ne sont que rarement remplis; et, à dire vrai, en ce qui concerne une grande partie de notre population, on a fait à peine quelques efforts pour les atteindre. On peut citer des villes sans nombre habitées par des myriades d'âmes, où l'on s'est aussi peu occupé d'organiser des moyens matériels d'enlèvement des matières excrémentitielles que si les habitants n'y campaient que pour une nuit. L'état des approvisionnements d'eau ne vaut guère mieux : mes rapports témoignent incessamment de la souillure trop fréquente des provisions particulières; et, pour ce qui concerne l'approvisionnement des eaux publiques, qui sont *habituellement aux mains de compagnies commerciales*, on ne cesse de montrer que les commodités et les avantages qu'elles offrent sont contre-balancés par des dangers menaçant la vie des consommateurs, et sur une échelle vraiment gigantesque, à moins que les personnes chargées de veiller à l'exécution de la loi sur les eaux ne soient pénétrées du sentiment de leur responsabilité.

Les ravages du choléra qui vient sévir à de longs intervalles parmi nous ne sont pas la seule punition que nous inflige la nature pour notre négligence dans ces matières. La fièvre typhoïde, des cas nombreux de diarrhée endémique, ne sont, comme je l'ai souvent écrit dans mes rapports, que d'autres produits de la même influence délétère : la fièvre typhoïde qui enlève chaque année de quinze à vingt mille individus de notre population! la diarrhée qui en emporte aussi des milliers! La somme de ce gaspillage de vies est horrible à contempler, et la manière dont ce gaspillage se fait n'est rien moins que honteuse. Il faut espérer qu'à mesure que se perfectionnera l'éducation du pays, cet état de choses finira par disparaître ; que tant de malheurs, qu'on pourrait éviter, ne seront pas toujours acceptés comme des arrêts du destin, et qu'on en arrivera à considérer comme une chose ignominieuse et intolérable le fait d'une population tout entière qui s'empoisonne par ses propres excréments.

EDWARD FRANKLAND.

— Traduit de l'anglais par John FAURE. —

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

HYGIÈNE

COURS DE M. BOUCHARDAT

Étiologie de la glycosurie

Je vais me borner dans ces deux leçons à vous entretenir des causes de la glycosurie. Les questions qui s'y rattachent touchent à plusieurs des problèmes les plus difficiles de la physiologie et de la pathologie; elles nous conduiront à discuter des théories fort controversées. Ce n'est pas sans quelque hésitation que je m'engage dans une pareille voie, car jusqu'ici mes travaux sur ce sujet n'ont eu qu'un seul but, celui de guérir; si j'ai abordé incidemment ces questions théoriques, ce n'a été qu'à mon corps défendant. Je ne veux pas dire que mon esprit soit indifférent à la recherche de vérités abstraites, mais la tâche que je m'étais donnée était assez grande pour mes forces. Aujourd'hui que je la considère comme accomplie, je puis revenir à ces études théoriques auxquelles je suis mieux préparé par des observations et par des expériences souvent répétées.

D'ailleurs, en cherchant à élucider pour ce cours d'hygiène les problèmes les plus élevés qui se rapportent aux causes des maladies, je me suis familiarisé avec ces questions difficiles; si je puis en résoudre sûrement quelques-unes relativement aux causes de la glycosurie, ces résultats trouveront une application certaine à la prophylaxie, et ils devront confirmer le traitement hygiénique auquel j'avais été conduit par mes travaux antérieurs.

Un mot encore avant d'entrer en matière sur la méthode que j'ai suivie.

Dans mes travaux relatifs à l'action des médicaments, j'ai, à bien des reprises, invoqué l'expérimentation sur les animaux; pour mes recherches sur la glycosurie, c'est au contraire la seule observation des malades qui m'a servi de guide.

Certes, je suis de ceux qui disent que la lumière doit être acceptée de toutes les sources ; mais je suis convaincu que dans la question qui nous occupe, la plus sûre nous vient ici de l'observation attentive des malades. Il est une foule de conditions qui échappent lorsqu'on néglige l'emploi de la mesure et de la balance; dans les expérimentations sur les animaux tout a été fait à l'aide d'expériences qualitatives; chez les malades, au contraire, j'ai pu instituer des expériences quantitatives que j'ai eu des occasions journalières de renouveler.

Avant de rechercher les causes qui peuvent donner naissance à la glycosurie, il est indispensable de nous entendre sur la valeur de ce mot et sur les différences radicales qui séparent les divers états de l'organisme dans lesquels on peut constater la glycose dans les urines.

Si l'on s'en tenait au sens grammatical, on dirait : La glycosurie est caractérisée par la présence de la glycose dans les urines. Mais, en adoptant rigoureusement cette définition, presque tous les hommes seraient ou auraient été glycosuriques, car, dans bien des conditions, la très-faible proportion de glycose possédée par les urines normales peut temporairement s'exagérer : ce n'est point encore la vraie glycosurie; pour qu'elle existe, il faut quantité et continuité dans la perte de glycose.

PHÉNOMÈNES GLYCOGÉNIQUES. — Afin de bien comprendre les conditions essentielles de production de la glycosurie, il convient d'exposer au préalable avec tous les détails nécessaires l'état de nos connaissances sur les phénomènes glycogéniques, c'est-à-dire ce qui a trait à la production et à la destruction de la glycose dans l'économie vivante.

La glycose joue un rôle considérable dans toute la série des êtres organisés ; avec certaines matières grasses, sous l'influence de l'oxygène, elle sert à produire la chaleur indispensable aux principales manifestations de la vie.

On comprend aisément la nécessité, chez les êtres vivants,

(1) Un fait analogue s'est produit à Paris. L'épidémie cholérique de 1865 avait surtout sévi dans le quartier de Montmartre, encore alimenté, à cette époque, par les anciennes distributions d'eau de la capitale. En 1866, le choléra reparut. Mais, dans l'intervalle, Montmartre avait reçu les eaux pures de la Dhuys, et il fut cette fois presque complètement indemne. Ces faits si intéressants sont mis en pleine lumière par une série de cartes que M. Dumas a fait dresser pour représenter la marche de l'épidémie cholérique à Paris, en 1865 et 1866. *Chaque journée* a sa carte spéciale, sur laquelle est marquée par un point rouge le lieu précis de chaque cas de choléra, et l'on a conservé tous les renseignements qu'on a pu recueillir sur sa nature et son origine. D'autres cartes condensent les résultats d'une semaine, d'un mois, etc. Il serait fort à désirer que ces cartes fussent publiées. (*Note de la Direction.*)

d'un principe immédiat qui puisse être complétement détruit sans fournir de résidus nuisibles, à une température qui, pour l'homme, est voisine de 37 degrés centigrades. Ce principe immédiat doit être déposé en réserve dans certains organes, ou se produire facilement par la transformation de principes immédiats constituant une masse importante dans le corps des êtres organisés.

La glycose réunit toutes ces conditions. Elle doit n'exister et elle n'existe qu'en proportion très-faible dans le sang; car si la quantité en est exagérée, elle est éliminée par le rein, et on la retrouve dans les urines.

Le développement de la chaleur et de la force dans le corps des animaux est en raison directe de la dépense des matériaux alimentaires ou des principes immédiats du corps qui subissent l'action de l'oxygène. La glycose et les graisses sont, en dernière analyse, les principes immédiats qui jouent le rôle principal dans ces transformations.

Comment la glycose est-elle détruite dans le sang? Il est certain qu'une portion y est d'abord transformée en lactate de soude, comme l'ont démontré Bouchardat et Sandras (Supplément à l'*Annuaire de thérapeutique* de 1846, p. 100). Ce lactate de soude est détruit dans la circulation comme la plupart des acides organiques, ainsi que l'a constaté M. Wöhler, en produisant de l'eau, de l'acide carbonique, de la chaleur; il se pourrait aussi que la glycose fût directement transformée en acide carbonique et en eau sous l'influence de l'oxygène et en présence des globules du sang. On peut encore supposer, comme l'admet théoriquement M. Mialhe, et comme cela paraît résulter d'une expérience de Bouchardat et Sandras (mémoire cité), que la glycose, avant d'être transformée en acide carbonique et en eau, passe par l'état d'acide formique. Quoi qu'il en soit de ces hypothèses, il est certain que si la glycose est trop abondante dans le sang, ou que sous l'influence, soit d'un abaissement de température, soit d'un état d'asphyxie incomplète, elle ne soit pas normalement détruite, alors elle passe dans les urines.

Nous arrivons maintenant à l'étude des phénomènes de la glycogénie, si importante au point de vue de la théorie de la glycosurie.

M. Cl. Bernard a démontré (*Nouvelle fonction du foie considéré comme organe producteur de la matière sucrée*, Paris, 1853) que la glycose existait constamment dans le foie des animaux et de l'homme pourvus d'une alimentation suffisante. On sait aujourd'hui, d'après les expériences de M. Pavy, que la glycose n'existe pas dans le foie d'un animal vivant, mais qu'elle s'y forme quand la vie a cessé. Nous reviendrons plus loin sur ces faits. Mais que ce soit de la glycose ou de la matière glycogène, toujours est-il, d'après M. Cl. Bernard, que la présence de cette matière glycogène est indépendante et de l'alimentation et de l'espèce animale. Un chien nourri exclusivement de tripes pendant huit mois, tué en pleine digestion, avait un foie riche en glycose. Un boule-dogue qui ne vivait que de chair fut tué, et son foie contenait également de la glycose. Chez un fœtus de cinq mois, le foie renfermait aussi de notables quantités de glycose.

Il semblerait résulter de quelques expériences de M. Cl. Bernard, que l'alimentation n'a aucune influence sur la fonction glycogénique du foie. Il a en effet trouvé dans une même quantité de foie: 1° d'un chien nourri exclusivement de viande, 1,90 de glycose; 2° 1,70 dans le foie d'un chien nourri de viande et de pain; et 3° 1,88 dans celui d'un chien nourri de sucre et de féculents.

Il est bien des causes qui doivent amener de grandes exceptions à ces remarquables expériences. J'ai opéré sur des quantités égales de foie d'un chien nourri de pain et d'un chat ne vivant que de viande: j'ai trouvé environ deux à trois fois plus de glycose dans le foie du chien que dans celui du chat. Les expériences de M. Cl. Bernard établissent elles-mêmes le grand rôle de l'alimentation dans la fonction glycogénique du foie. Chez les animaux soumis depuis quelques jours à l'inanition, on ne trouve plus de glycose dans le foie. Chez les malades à la diète depuis plusieurs jours, le foie ne renferme plus de matière glycogénique.

L'alimentation exclusive avec les graisses diminue, comme M. Poggiale l'a démontré, la proportion de glycose extraite du foie (1).

Il est des faits pathologiques d'une très-grande importance et vérifiés journellement par moi depuis plus de trente ans, qui démontrent l'influence de l'alimentation glycogénique féculente et sucrée sur la quantité de glycose produite. Nous allons y revenir dans un instant. Sans doute les principes immédiats très-divers de notre corps peuvent fournir de la dextrine et de la glycose; mais, dans les conditions normales, ce ne sont pas ces substances de l'organisme, ce sont, comme nous l'avons montré depuis longtemps, les féculents et les sucres de l'alimentation qui fournissent les principaux matériaux de la formation glycogénique. Ainsi que l'a très-bien dit M. Marchal, de Calvi (2): « Voulez-vous juger exactement de l'influence des différentes classes d'aliments, prenez un diabétique, donnez-lui des viandes et des corps gras sans féculents, puis des féculents, et comparez. »

La question de la glycogénie comprend plusieurs problèmes très-complexes, dont j'ai exposé les principaux dans le numéro de mai 1856 du *Répertoire de pharmacie*.

Se produit-il un ou plusieurs sucres?

Quelques-uns d'entre eux passent-ils par une série de transformations?

Quels sont les organes dans lesquels ces transformations s'opèrent?

Quels sont les matériaux à l'aide desquels ces organes effectuent ces transformations?

Et enfin quels sont les principes immédiats qui, par leur dédoublement ou d'autres modifications moléculaires, donnent naissance à ces sucres?

Voilà certes des questions bien ardues, mais dont il faut cependant aborder la solution, si l'on veut arriver à une notion satisfaisante de la glycogénie.

Des expériences sur les animaux, des observations patiemment continuées pendant plus de trente ans sur de nombreux malades atteints de glycosurie, voilà les moyens d'étude dont j'ai disposé.

Je commencerai par m'occuper de l'amidon, des sucres et des matières analogues; puis j'exposerai mes recherches sur les principes immédiats quaternaires.

Du rôle de l'amidon dans la glycogénie. — Si l'on a égard à la masse proportionnelle de l'amidon dans les aliments de l'homme, à sa facile transformation en glycose, on comprend

(1) Je dis extraite du foie, car des expériences ont établi que chez les animaux vivants les foies ne contenaient pas de glycose, mais de la matière glycogénique qui en produisait après la mort. Il faut en excepter les cas où de la glycose a été directement ingérée, comme cela résulte des expériences qui me sont communes avec Sandras.

(2) Marchal (de Calvi), *Recherches sur les accidents diabétiques*, et *Essai d'une théorie générale du diabète*. Paris, 1864.

sans peine que ce principe doit jouer le rôle principal dans la glycogénie. Déjà, à bien des reprises différentes, je suis revenu sur ce sujet et je vais encore commencer par lui.

Je vais rechercher quels sont les organes qui sécrètent le liquide diastasique, et quels sont ceux qui concourent à la suite des transformations que l'amidon subit.

En donnant une mauvaise interprétation à de belles recherches, on est tombé dans deux exagérations également contraires à la vérité.

Voyant avec quelle facilité l'amidon se convertissait en sucre sous l'influence de différents liquides animaux, on niait la spécificité de certains liquides pour opérer cette transformation; on s'appuyait pour cela sur des expériences de Magendie, qui n'étaient que la confirmation de celles que j'avais publiées en 1832 (1). D'un autre côté, quand M. Cl. Bernard eut annoncé la fonction glycogénique du foie, on pensa que la formation glycogénique était limitée à cet organe. Nous allons voir ce qu'il faut penser de ces interprétations contradictoires.

Il est bien certain que presque tous les liquides animaux albumineux en décomposition jouissent de la propriété de transformer la gelée d'amidon en dextrine et en sucre; mais si l'on s'en tient aux liquides normalement sécrétés dans l'économie et considérés à l'état frais, c'est-à-dire à ce qui constitue l'état physiologique, il n'en est qu'un petit nombre qui possèdent ce pouvoir à un degré très-marqué. On comprend sans peine aussi que ces liquides, versés dans l'appareil digestif, sont absorbés, transmis au foie, et de là dans le sang, où leur action spécifique peut se continuer et se modifier.

Des glandes diastasiques. — Je donne le nom de glandes diastasiques aux organes qui sécrètent un liquide contenant un principe analogue ou identique à celui dont j'ai le premier reconnu l'existence dans l'orge germée (Recueil des prix de la Société de pharmacie, 1832), que M. Payen a isolé, et auquel il a donné le nom de *diastase*.

Il est bien certain que le pancréas est l'organe qui, chez les animaux féculivores, sécrète le liquide présentant, à l'état frais, le maximum de puissance. Personne n'a contredit les résultats que nous avons annoncés, Sandras et moi (Supplément à l'*Annuaire de thérapeutique*, 1846, p. 139). Chez les carnivores, le suc pancréatique agit aussi sur la gelée d'amidon, mais sa puissance saccharifiante est moins grande que chez les féculivores. J'ai vérifié cette décroissance d'action chez un chat vivant uniquement de viande, et chez un chien également carnivore. Dans ces deux cas cependant, quoique l'action saccharifiante du liquide pancréatique fût diminuée, elle n'en existait pas moins.

Étudions les glandes confondues sous le nom de *salivaires*, qui ont été, surtout sous ce point de vue, l'objet des investigations de M. Mialhe, et, sous tous les autres rapports, d'études approfondies de la part de M. Cl. Bernard et de M. Collin (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome XXXIV).

Glandes orbitaires. — Le liquide sécrété par la glande orbitaire, le tissu de cette glande chez le lapin, le chien, le chat, n'exercent aucune action saccharifiante sur la gelée d'amidon.

Glandes sous-maxillaires. — Le liquide sécrété par les glandes sous-maxillaires du chat et du chien, de même que le tissu de ces glandes, n'exercent aucune action saccharifiante sur la gelée d'amidon. Avec le même liquide et les mêmes glandes du lapin, l'action saccharifiante est très-faible, mais cependant manifeste.

Glandes sublinguales, glandes du plancher. — Le liquide sécrété par ces glandes chez le chien et le chat, ou le tissu de ces glandes, n'exercent qu'une action saccharifiante nulle, ou au moins très-faible sur la gelée d'amidon; chez le lapin, l'action est faible, mais cependant manifeste.

Glande molaire. — Le liquide sécrété par la glande molaire, ou le tissu de cette glande chez le chat, n'exercent aucune action saccharifiante sur la gelée d'amidon; chez le chien, l'action est faible, mais cependant manifeste; chez le lapin, cette action est très-prononcée.

Glande parotide. — Le liquide sécrété par la glande parotide, de même que le tissu de cette glande chez le chat, n'exercent qu'une action saccharifiante à peine sensible; chez le chien, cette action, quoique très-faible, est cependant apparente; chez le lapin, cette action est rapide et presque aussi complète qu'avec le pancréas.

Glande sous-mentale. — Le liquide sécrété par la glande sous-mentale du lapin, ou le tissu de cette glande, n'exercent qu'une action faible sur la gelée d'amidon.

Ganglions lymphatiques. — Le tissu des ganglions lymphatiques, le liquide qu'ils contiennent, n'exercent *à l'état frais* aucune action sur la gelée d'amidon chez le chat, le chien, le lapin.

Les *amygdales* broyées, le suc dont ils sont baignés, n'exercent aucune action sur la gelée d'amidon chez le chat, le chien, le lapin.

Les expériences dont je viens de donner le résumé ont été exécutées en 1848 et 1849 avec l'active coopération de feu mon ami Stuart Cooper et de M. Broca. Je rappellerai aussi mes expériences sur le liquide de la glande parotide du cheval, entreprises d'après l'invitation de Magendie, consignées dans le Supplément à mon *Annuaire* de 1846, et qui ont très-nettement établi la nullité d'action de ce liquide, tandis que la salive mixte de ce même animal a une action saccharifiante très-manifeste.

Le résultat le plus important qui ressort de ces recherches, c'est que si l'on considère isolément la propriété de convertir l'amidon en dextrine et en glycose, le liquide sécrété par les mêmes glandes chez les divers animaux diffère singulièrement pour sa puissance, qui, apparente chez certains féculivores, peut disparaître complétement chez les carnivores.

C'est, conformément à ce que nous avons dit dans notre premier mémoire, le pancréas qui est le seul organe sécrétant constamment un liquide diastasique. La puissance de ce liquide est du reste très-différente chez les différents animaux. Nous l'avons vue atteindre son maximum chez le pigeon; elle est très-active encore chez la poule, moins chez les mammifères féculivores, et enfin très-peu prononcée chez les animaux carnivores.

A. Bouchardat.

(1) I. *Mémoire sur les ferments et les fermentations* (Recueil des prix de la Société de pharmacie pour 1832). — II. *Mémoire sur la fermentation glycogénique* (Supplément à l'*Annuaire de thérapeutique* de 1846, p. 70). — III. *De la digestion des matières féculentes et sucrées* (même recueil, p. 81). — IV. *Des fonctions du pancréas et de son influence dans la digestion des féculents* (même recueil, p. 139). — V. *Mémoire sur la nature du diabète sucré et sur son traitement* (*Compte rendu de l'Académie des sciences*, 12 mars 1838). — L'indication de tous mes travaux postérieurs sur cet objet se trouve dans mon *Mémoire sur l'entraînement dans la glycosurie* (*Annuaire de thérapeutique*, 1866).

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE | NUMÉRO 4 | 26 DÉCEMBRE 1868

Paris, 25 décembre 1868.

L'Académie des sciences a procédé lundi dernier à l'élection d'un correspondant dans la section de géométrie en remplacement de M. Kummer, récemment nommé associé étranger. La section présentait en première ligne M. Weierstrass (de Berlin), et en seconde ligne, par ordre alphabétique : MM. Borchardt (de Berlin), Brioschi (de Florence), Clebsch (de Göttingue), Hesse (de Königsberg), de Jonquières (de Toulon), Kronecker (de Berlin), Richelot (de Königsberg), Rosenhain (de Berlin), Salmon (de Dublin), W. Thomson (de Glascow). M. Weierstrass a été nommé au premier tour de scrutin par 49 voix contre 1 donnée à M. Brioschi.

Lorsqu'il s'agit d'élire des correspondants, le vœu de la section compétente est presque toujours consacré par l'Académie : son vote n'est plus qu'une formalité. Le résultat du scrutin était donc certain d'avance. Il est convenu et souvent malheureusement trop vrai que le nom des mathématiciens étrangers, comme leurs travaux, reste ignoré en France. Cependant on ne peut s'empêcher de remarquer entre autres, sur la liste très-longue, — trop longue, — des présentations en seconde ligne, tel nom infiniment plus connu que celui qui a réuni tous les suffrages et dont les nombreux travaux — faciles, il est vrai, à indiquer — présentent une importance majeure en mathématiques et en physique. On peut encore moins ne pas s'étonner de l'absence de certains noms que tout le monde cite au premier rang de la science, celui de M. Helmholtz, par exemple, qui devrait être associé et qui n'est pas encore correspondant. M. Helmholtz devrait appartenir à l'Académie à la fois comme géomètre, comme physicien et comme physiologiste. Est-ce pour cela qu'il n'y figure à aucun titre? Cette triple compétence dans trois sciences, où il a su se montrer également supérieur, semblait devoir lui ouvrir plus vite les portes de l'Institut, en multipliant les chances de vacances : c'est elle peut-être qui les lui a fermées jusqu'ici. On démontre, en optique, que de la lumière ajoutée à de la lumière peut produire de l'obscurité. Voudrait-on essayer de démontrer que des travaux de physique ou de physiologie ajoutés à des mémoires de mathématiques ont la vertu d'en ternir l'éclat? et, pour avoir inventé l'ophthalmoscope, doit-on être repoussé par les géomètres? La division de l'Académie des sciences en sections multiples est pour beaucoup dans ces résultats fâcheux. Chaque section, à peu près souveraine, en fait, comme nous le disions,—quand il s'agit des étrangers, — renvoie volontiers à ses voisines les personnalités scientifiques dont la taille dépasse les limites restreintes d'une spécialité, afin de caser plus aisément et plus vite ses adeptes intimes.

—L'Académie de médecine a complété, mardi dernier, son bureau pour 1869. M. Blache, vice-président de 1868, devient de droit président; M. Denonvilliers, professeur à la Faculté de médecine, a été nommé vice-président par 50 voix sur 69 votants. M. Béclard a été maintenu secrétaire annuel; enfin, MM. Bouley, et Regnauld, ont été élus membres du conseil.

— Conformément aux présentations de la Faculté de médecine de Paris, M. Dolbeau a été nommé professeur de pathologie chirurgicale et M. Gubler professeur de thérapeutique et matière médicale.

— La translation de la chaire de physiologie comparée du Muséum à la Sorbonne écarte la candidature de M. Brown-Séquard presque au moment où ses amis venaient de la poser. Mais il paraît que M. Brown-Séquard aura néanmoins une place dans l'enseignement officiel. Il est question de relever pour lui la chaire de médecine comparée créée à la Faculté de médecine de Paris, il y a quelques années, pour M. Rayer, lorsqu'on voulut le revêtir des fonctions de doyen. Depuis la retraite de son titulaire, qui ne l'avait jamais occupée, cette chaire paraissait oubliée et avait disparu du programme. En la rétablissant aujourd'hui on changerait peut-être son titre en celui de *pathologie comparée*. L'utilité d'un enseignement de ce genre est incontestable, et il sera beaucoup mieux placé à la Faculté de médecine qu'au Muséum, où il avait été un instant question de l'installer, parce qu'il y trouvera un public plus nombreux et surtout plus apte à en profiter.

— On attend chaque jour la nomination de M. Lacaze-Duthiers à la chaire de zoologie comparée de la Sorbonne, en remplacement de M. Gervais, nommé à la chaire d'anatomie comparée du Muséum. La retraite de M. Lacaze-Duthiers laissera vacante au Muséum la chaire d'histoire naturelle des annélides, des mollusques et des zoophytes. Pourquoi certaines candidatures, qui visaient à la chaire de physiologie comparée et que le récent décret transportant cette chaire à la Sorbonne déroute beaucoup, ne s'adresseraient-elles pas à cette autre chaire, pour laquelle les candidats ne sont pas nombreux?

— M. Bouley vient de faire à la Société d'agriculture de France, un long et important rapport sur le typhus du bétail. Aujourd'hui le typhus a disparu de l'Europe occidentale. Pour éviter qu'il n'y rentre avec des animaux de Russie ou de Hongrie, M. Bouley propose d'établir à nos frontières un service de surveillance sanitaire sur le bétail entrant, et de donner, à l'intérieur, des droits étendus aux vétérinaires pour faire abattre les bêtes contaminées : mais il maintient, dans ce dernier cas, le droit du propriétaire à une indemnité.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE GLASGOW

SIR W. THOMSON

Le temps géologique. — Influence des marées sur les mouvements célestes. — Chaleur du soleil. — Chaleur centrale de la terre. — Age de la terre.

1. Une grande réforme semble être devenue nécessaire dans les spéculations géologiques. Un effort très-sérieux fut fait par les géologues à la fin du siècle dernier pour amener la géologie sous la puissance des sciences physiques, pour l'émanciper de la dictature de l'autorité et des hypothèses dogmatiques. La nécessité, pour rendre compte des phénomènes géologiques, d'une *période de temps plus longue qu'*on ne l'avait supposé généralement, devint évidente à la fin du siècle dernier pour tous ceux qui étudièrent avec indépendance et avec soin les phénomènes présentés par la surface de la terre. En même temps l'astronomie faisait de grands progrès dans la théorie des mouvements des corps célestes, et, entre autres propositions remarquables, on formula le théorème si célèbre de la stabilité des mouvements planétaires. Ce théorème fut accepté avec une précipitation peut-être un peu exagérée, et on lui attribua une portée trop grande dans la permanence du système solaire. Il est probable que Playfair l'avait en vue lorsqu'il écrivit ce passage célèbre et souvent cité : « Ce n'est point à nous qu'il appartient de déterminer combien de fois ces vicissitudes de destruction et de rénovation » se sont répétées ; elles constituent une série dont l'auteur » de cette théorie a fait remarquer que nous ne voyons ni le » commencement ni la fin, circonstance qui coïncide bien » avec ce que nous savons des autres parties de l'économie » du monde. En effet, dans la succession des différentes » espèces d'animaux et de végétaux qui habitent la surface » de la terre, nous ne voyons ni commencement ni fin ; dans » les mouvements planétaires, où la géométrie a conduit l'œil » si loin soit dans le passé, soit dans l'avenir, nous ne voyons » ni le commencement ni la fin de l'ordre qui existe actuellement. Il n'est même pas raisonnable de supposer que de pareilles marques existent quelque part. L'auteur de la nature » n'a pas donné à l'univers des lois qui, comme les institutions » des hommes, portent en elles-mêmes le germe de leur propre destruction; il n'a pas permis qu'on puisse trouver » dans son ouvrage des symptômes d'enfance ou de vieillesse, » ou bien y voir des signes par lesquels on puisse estimer soit » sa durée passée, soit sa durée future. Il peut y mettre un » terme, puisqu'il n'y a pas de doute qu'il ait donné naissance » au système actuel à une époque déterminée, mais nous » pouvons conclure que cette grande catastrophe ne sera pas » produite par les lois existantes, et que son arrivée n'est annoncée par rien que nous puissions apercevoir. » (*Développement de la théorie huttonienne*, § 118.) Rien ne peut être plus éloigné de la vérité qu'une pareille affirmation. Elle est viciée d'un bout à l'autre par une confusion entre « l'ordre actuel ou le système présent » et les lois existant actuellement, entre la destruction de la terre devenant incapable d'être habitée par des êtres pareils à ceux qui vivent actuellement à sa surface, et un déclin ou une chute des lois et de l'ordre qui règnent dans l'univers. Le théorème des mathématiciens français sur les mouvements des corps célestes n'est qu'un théorème approché, qui néglige expressément les résistances et les frottements de toute nature. L'affirmation que les phénomènes présentés par la croûte de la terre n'offrent aucune preuve de commencement et aucun indice de marche vers une fin est fondée, selon moi, sur une erreur manifeste dans l'interprétation des lois physiques qui, de l'aveu de tout le monde, dirigent ces actions.

2. J'essayerai de disposer ce que j'ai à dire en deux divisions, en prenant, pour ainsi dire, la citation de Playfair comme le texte à développer dans mon discours. Dans la première partie, je parlerai des mouvements des corps célestes, et je considérerai la terre comme l'un d'eux; dans la seconde, je m'occuperai des phénomènes présentés par la croûte de la terre.

3. En premier lieu, les mouvements des corps célestes sont soumis à des résistances dont les mathématiciens français n'ont pas tenu compte dans leurs calculs. Ils ont énoncé ce théorème que si l'on considère les attractions mutuelles entre le soleil et les planètes, et la loi de l'inertie, et si l'on n'admet aucun frottement, les perturbations que présentent les mouvements des corps célestes ne peuvent devenir infinies, mais sont renfermées dans certaines limites.

4. Par exemple, durant une période d'un très-grand nombre de milliers d'années, l'excentricité de l'orbite de la terre autour du soleil peut aller en augmentant. On croirait peut-être que cette excentricité va grandir assez pour que notre orbe traverse celui d'une autre planète (Vénus au périhélie ou Mars à l'aphélie). Il pourrait en résulter des troubles sérieux dans les mouvements des corps célestes, ou même une collision fatale. Mais le théorème des mathématiciens français affirme que l'excentricité, quoiqu'elle aille en grandissant pendant un certain temps, a ses limites; il déclare ainsi qu'il y a des oscillations et des variations, mais qu'il n'y a point de variation continue dans une même direction. Ceci est, sans conteste, un théorème très-important; tous les calculs de l'astronomie physique moderne sur ce que l'on appelle les variations séculaires des éléments des orbites planétaires le prennent pour point de départ et supposent son exactitude. Mais si les mathématiciens français savaient très-bien, en faisant cette démonstration, qu'ils négligeaient la résistance, ceux qui ont cité le grand théorème auquel ils arrivèrent ne se sont pas aperçus de cette réserve.

Les philosophes et les physiciens anglais auraient dû être constamment avertis par ce passage aussi bref que décisif de Newton : « *Majora autem planetarum et cometarum corpora motus suos et progressivos et circulares in spatiis minus resistentibus factos conservant diutius* (1). » Ce passage aurait dû au moins modérer les expressions que nous avons si souvent rencontrées dans leurs écrits populaires, et qui impliquent la perpétuité de l'ordre présent, passé et futur.

5. Laplace connaissait très-bien l'existence de la résistance exercée par un fluide contre un corps en mouvement. Dans sa *Théorie des marées*, il montre que si l'on imprimait d'immenses oscillations à la surface de l'Océan, oscillations telles que les eaux de l'Atlantique se gonflent, tandis que celles du Pacifique se retireraient, ces oscillations ne dureraient pas toujours. Si le branle était donné par un procédé quelconque, l'Océan rentrerait en repos au bout d'un temps très-court, peut-être de quelques mois. Il traite le mouvement de la mer comme un mouvement oscillatoire. Il y a alors une admission

(1) *Principia*. Explication de la première loi du mouvement.

toute du fait de la résistance. Mais cette résistance subie par la marée influe sur la rotation de la terre, et par réaction sur les mouvements de la lune et du soleil : c'est ce que Laplace n'admet pas explicitement. Lagrange et Laplace ne connaissaient qu'imparfaitement la théorie de l'énergie. Lagrange, il est vrai, posa les bases d'une théorie mathématique de la dynamique, dans laquelle la théorie de l'énergie était le grand principe ; mais il ne montra point l'application de la théorie de l'énergie à quelques-une des conséquences qui, dans l'état actuel de la science, nous intéressent peut-être plus que toutes les autres conclusions tirées des raisonnements physiques et mathématiques. J'ai donc le droit de considérer la science de l'énergie comme moderne, quoique ce soit à Torricelli, à Newton, à Jean Bernouilli et à Lagrange que nous devions en réalité les principes abstraits de cette science. Cette théorie abstraite, elle-même, nous enseigne que s'il y a une résistance quelconque (contre le mouvement des eaux par exemple), cette résistance doit réagir sur ce corps et lui enlever, ainsi qu'aux autres corps qui agissent dans ce phénomène, une portion de leur énergie totale.

6. La cause des marées, comme chacun le sait, réside dans l'attraction de la lune et du soleil. Le fait que la lune attire la portion de la mer dont elle est voisine plus qu'elle n'attire le centre de la terre, et le centre plus que les parties éloignées de l'Océan, donne naissance à une tendance de l'eau à se porter vers la lune, et produit également une protubérance sur le méridien opposé. Voilà quelle est la tendance. Mais l'eau de l'Océan n'a jamais le temps de prendre la forme exacte vers laquelle elle tend. Le phénomène se passe comme si l'on avait une large baignoire pleine d'eau qu'on élèverait rapidement, qu'on abaisserait ensuite. L'eau, au moment où on l'élèverait, tendrait à s'arranger d'après la nouvelle position de la baignoire, mais il faudrait un certain temps pour que cette tendance puisse produire des effets statiques. C'est ainsi qu'agit la lune quand, par suite de sa révolution, elle se trouve, par exemple au milieu de l'Atlantique. Elle tend à attirer l'eau vers le méridien où elle se trouve, et à produire une protubérance vers le méridien antipodique. Il est curieux de voir que, dans les livres de navigation, la *tendance* est confondue si souvent avec l'effet lui-même. Le *North British daily Mail* publia, il y a environ un an, une intéressante correspondance dans laquelle on attaquait la théorie de Newton en frappant sur le dos de la *Navigation* de Norrie. Norrie, dans son livre, parle de la tendance, mais il montre que les eaux de l'Océan sont, s'il est permis de s'exprimer ainsi, dans un état continuel d'oscillation et de rebondissement entre deux continents opposés, par exemple entre l'Afrique d'un côté et l'Amérique de l'autre, et que jamais la tendance au mouvement ne peut avoir d'effets statiques analogues à ceux qui ont été décrits sous le nom de *marée d'équilibre*. Mais c'est cette marée d'équilibre tout imaginaire qui est souvent décrite comme la marée théorique dans les livres sur la navigation, et la plupart des lecteurs de ces ouvrages, ignorant ce qu'ont écrit Newton, Laplace et Airy, accusent Newton de toutes les erreurs qu'on leur a enseignées.

7. Quand nous considérons la lune comme étant la cause des marées, et les changements de la haute mer en basse mer comme provenant du mouvement de rotation de la terre, nous ne pouvons évidemment nous dispenser de reconnaître un fait important. Si c'est la résistance au mouvement de l'eau qui constitue les marées, cette résistance doit affecter directement la terre et réagir sur ces corps, la lune et le soleil, dont les attractions produisent les marées. La théorie de l'énergie déclare en termes parfaitement absolus, que puisqu'il y a une résistance produite par un frottement, il doit y avoir quelque part perte d'énergie ; mais la théorie moderne doit rendre compte de ce que devient cette énergie. C'est particulièrement à Joule qu'on doit l'explication complète de ce que devient la force perdue dans le frottement. Joule admet que de la chaleur est engendrée pendant cette opération. Le frottement des molécules d'eau contre le fond de la mer et les unes contre les autres, quand elles s'élèvent dans un endroit et s'abaissent dans un autre, développe une certaine quantité de chaleur. Le *résultat final de l'opération* est donc la production d'une certaine quantité de chaleur qui abandonne notre globe pour se dissiper dans l'espace. L'origine que nous pouvons assigner à cette chaleur, dans l'état actuel de la science, ce sont les mouvements de la lune et de la terre. Il n'est pas besoin de longs raisonnements pour en conclure, par une série d'arguments très-généraux, que toutes les composantes du mouvement, qui ne pourraient s'annihiler sans que les marées cessent de se produire, ne sauraient durer perpétuellement, mais doivent tendre à s'annihiler (par le fait des marées). Maintenant, si le mouvement de rotation de la terre était nul par rapport à la position de la lune dans sa révolution autour de la terre, il n'y aurait ni élévation ni abaissement du niveau de la mer par suite de marées lunaires. La terre tournerait toujours la même face vers la lune, il y aurait toujours haute mer du côté de la lune et vers le méridien opposé, et basse mer dans les positions intermédiaires. Mais, dans ce cas, il n'y aurait plus de mouvement des eaux par rapport à la surface de la terre, et par conséquent plus de frottement. Il en résulte qu'en vertu de ce principe général, le résultat du frottement doit être de ramener les mouvements relatifs de la terre et de la lune à ce qu'ils seront quand les choses se passeront ainsi. Cependant il est satisfaisant de savoir que nous n'avons pas besoin d'invoquer les théorèmes généraux de la théorie de l'énergie pour arriver à ce résultat. Il est aisé de constater directement que l'action mutuelle de la lune et de la terre doit avoir pour résultat, en vertu de la théorie des marées, de diminuer la rapidité de la rotation de la terre et d'augmenter la vitesse de la rotation de la lune autour de la terre (1).

8. Vous devez comprendre que le *sphéroïde des marées* dont parlent les auteurs n'est point une réalité, parce que les eaux ne couvrent pas toute la terre ; en fait, nous sommes sur une terre ferme. Mais il y a une surface parfaitement définie, qui est un ellipsoïde que les mathématiques apprennent à calculer ; il est déterminé par cette condition qu'il exercerait, avec une très-grande approximation, le même effet sur une particule éloignée que l'ensemble des eaux troublées par l'action de nos marées, et éprouverait les mêmes effets de réaction que cette masse liquide, en supposant qu'il fût la surface extérieure que prendraient les eaux si elles étaient répandues sur un globe où n'émergerait aucune partie solide. Voilà ce qu'on appelle, à proprement parler, le *sphéroïde des marées*. Il permet de mesurer pour tout le globe, s'il est permis de s'exprimer ainsi, l'effet que le corps perturbateur

---

(1) Voyez une conférence de M. Delaunay, sur *le ralentissement du mouvement de rotation de la terre*, dans notre tome III, page 321, 14 avril 1866.

considéré produit sur le mouvement des eaux. Le sphéroïde relatif au soleil se nomme le sphéroïde des marées solaires, et le sphéroïde relatif à la lune se nomme le sphéroïde des marées lunaires. Le sphéroïde de la marée résultante, représentant, d'après les mêmes principes, le déplacement moyen des eaux, s'obtient en ajoutant simplement les déplacements des sphéroïdes qui représentent, l'un l'action de la lune, et l'autre l'action du soleil.

9. S'il n'y avait pas de frottement produit par la résistance que les eaux opposent au mouvement, chaque sphéroïde aurait son plus grand diamètre perpendiculaire à la ligne joignant le centre de la terre à celui du corps perturbateur, que ce soit la lune ou le soleil (1). Quand on se sert de l'analyse mathématique pour étudier l'influence combinée de la lune et du soleil, on voit qu'il y a séparément, pour l'un et l'autre de ces corps célestes, un sphéroïde remplissant la condition que nous venons de définir. Le résultat dynamique de la tendance de chacun de ces corps serait une *basse mer* réelle à l'époque de la haute mer de la marée (imaginaire) d'équilibre, et *vice versâ*, une *haute mer* vraie à l'époque où la marée fictive d'équilibre donnerait une basse mer. C'est-à-dire tel serait le résultat moyen pour toute la terre. Si nous nous bornons à nous occuper de la marée lunaire, nous aurions basse mer précisément lorsque la lune passe au méridien ; et si nous supposons, pour simplifier les idées, qu'elle se trouve dans le plan de l'équateur, la haute mer aura lieu précisément au moment où elle se couche et où elle se lève. Quand la lune et le soleil sont exactement en conjonction et en opposition, les axes les plus longs et les plus courts de leurs sphéroïdes coïncident. Il en résulte que les plus hautes marées et les plus basses en moyenne pour toute la terre doivent arriver immédiatement au moment, à six heures près, de la nouvelle lune ou de la pleine lune. On ne doit pas oublier que cette théorie suppose qu'il n'y a point de résistance aux marées. Mais on n'a pas besoin de faire la moindre hypothèse, soit sur la régularité, soit sur les limites de la mer, soit sur l'uniformité de sa profondeur.



Fig. 1.

10. On sait bien que, dans la partie du monde où nous habitons, les « grandes marées » (les marées les plus hautes et les plus basses d'une quinzaine de jours) sont en retard d'un jour et demi à trois jours après la nouvelle ou après la pleine lune. Sur la côte occidentale de l'Irlande, le retard est de trente-six heures. Il est de soixante heures au pont de Londres, et il a des valeurs intermédiaires pour les points intermédiaires de la Manche. Le long des côtes européennes de l'Atlantique, le retard paraît être de dix-huit heures ; sa valeur au cap de Bonne-Espérance est de trente-six heures, comme sur la côte occidentale d'Irlande. Il est probable que ce retard dépasse toujours douze heures et n'atteint jamais trois jours, en quelque lieu qu'on fasse les observations. Aussi les crêtes des sphéroïdes des marées lunaires et des marées solaires ne coïncident point quand la lune, la terre et le soleil sont en ligne droite, mais à une époque qui est postérieure probablement de douze heures au moment où les trois astres ont occupé cette situation astronomique. Cette circonstance est décisive, et montre, comme Airy l'a fait remarquer pour la première fois, qu'il y a un effet sensible de résistance au mouvement des marées. Ce que nous savons des propriétés de la matière nous permet d'affirmer que cette résistance existe réellement. Mais cela ne suffit point. Il serait très-intéressant et très-important, pour l'objet qui nous occupe, de constater un effet sensible sur la marée moyenne de tout l'Océan, dû à la résistance contre le mouvement des marées.

11. La figure 1 que nous donnons ici représente les posi-

(1) Cette assertion n'est point fondée sur l'observation, mais sur des principes de dynamique ; elle repose sur ce fait que si l'influence attractive de la lune ou du soleil venait à cesser brusquement, la période de la principale oscillation qui en résulterait serait plus grande que douze heures lunaires ou douze heures solaires. Mais la période de cette oscillation serait moindre si la profondeur de la mer était beaucoup plus grande que maintenant, ou si, sans tomber à une valeur extrême, elle était beaucoup moins gênée par la terre solide dans ses mouvements qu'elle ne l'est maintenant (voyez plus loin, § 11). En admettant que la période de la grande oscillation soit moins de douze heures, les grands axes des sphéroïdes des marées, lunaires et solaires seraient toujours en ligne droite avec la lune et avec le soleil, et chacune des deux marées serait haute pour un lieu déterminé quand le corps qui le produit passe au méridien. Il résulterait aussi de cette hypothèse que le temps moyen de la plus grande marée serait celui de la nouvelle lune et de la pleine lune. Mais si la profondeur de la mer et la configuration de la terre étaient telles que la période de la principale oscillation puisse être intermédiaire entre douze heures solaires et douze heures lunaires, le grand axe du sphéroïde des marées lunaires serait seul dirigé vers son astre, et celui du sphéroïde des marées solaires serait perpendiculaire à la ligne joignant les centres de la terre et du soleil. Dans ce dernier cas, le temps des hautes mers d'équinoxe tomberait à l'époque des quadratures. Dans le premier de ces deux cas imaginaires, l'effet du frottement de la marée serait de retarder un peu le temps de chaque marée composante, qui arriverait un peu après l'époque où le corps correspondant atteindrait sa situation méridienne, et cette déviation serait plus grande pour le soleil que pour la lune. Il en résulte que le temps des marées d'équinoxe arriverait un peu après l'époque des nouvelles et des pleines lunes ; c'est en effet ce qui a lieu dans le cas réel. Mais, dans la seconde hypothèse, l'effet du frottement serait d'avancer le temps de la marée solaire et de retarder celui de la marée lunaire. Ainsi l'époque des marées les plus hautes et les plus basses de chaque quinzaine tomberait un peu avant les quadratures.

tions de la lune, du soleil et du grand axe du sphéroïde des marées, à l'époque des grandes marées moyennes pour toute la terre.

C'est la section suivant le plan de l'équateur dans lequel on suppose, pour plus de simplicité, que se trouvent à la fois la lune et le soleil; le spectateur regardant les corps du côté du nord, de manière à voir la terre tourner et la lune circuler dans le sens contraire à celui des aiguilles d'une montre. S'il n'y avait point de frottement produit par les marées, les trois points O, M, S, seraient en ligne droite, et HH', le plus grand axe du sphéroïde aqueux, serait placé perpendiculairement à cette ligne. Les observations qu'on a pu faire sur le temps des plus hautes marées prouvent que OM est incliné en avant sur OS d'un angle égal à celui du mouvement du rayon vecteur de la lune relativement au rayon vecteur du soleil, pendant le temps du retard des plus hautes marées après les syzygies. Si ce temps était de douze heures, l'angle MOS serait de 6 degrés. La théorie dynamique prouve que chacun de ces rayons vecteurs doit faire un angle aigu avec OH, c'est-à-dire avec la ligne tirée du centre de la terre à la crête de la marée, vers laquelle les points de la terre situés entre OH et OS sont en train de tourner. En d'autres termes, la haute mer a lieu un peu plus tôt que s'il n'y avait pas de frottement, c'est-à-dire un peu avant le lever et le coucher tant du soleil que de la lune. Aussi les observations prouvent-elles que le temps de la marée lunaire est plus avancé par le frottement que le temps de la marée solaire. C'est une conclusion tout à fait d'accord avec ce qu'on pourrait deviner à l'aide d'une théorie mathématique (1). Admettons maintenant qu'il n'y ait que la marée lunaire, et supposons que toute la masse de la terre et des eaux qui la recouvrent soit partagée en deux par un plan perpendiculaire à HH' et passant par O, le centre de gravité. Il est clair que les deux attractions de la lune sur ces deux moitiés ne se feront pas équilibre, mais qu'au contraire l'influence combinée d'une plus grande attraction sur la protubérance plus voisine H, et d'une attraction moindre sur la protubérance plus éloignée H', tendrait à faire tourner la ligne HH' vers la direction OM, en admettant que le tout soit solidifié. Mais si la masse solide de la terre tourne, les eaux ne partagent point ce mouvement, de sorte que l'effet final sera celui d'un frein ou d'une ceinture appliquée à l'équateur de la terre et retenue par un « couple » (suivant Poinsot) dont le moment est égal au moment de l'attraction sur les deux protubérances, relativement au centre de la terre.

12. Mais les eaux ne sont pas poussées par la lune comme le serait un corps solide. Elles sont entraînées avec la terre ferme par le frottement exercé sur le fond de la mer et par celui que les molécules d'eau exercent les unes sur les autres. Il en résulte que de siècle en siècle l'eau se meut avec la terre. Quoique l'effet dont je parle soit dû en premier lieu à une force qui se développe dans l'eau, l'effet produit sur la terre et sur l'eau est le même que si le tout formait un globe solide tournant dans l'intérieur d'un frein. La valeur de chacune des forces constituant le couple de forces — imaginé sur un diamètre équatorial de la terre comme *bras* — qui maintient en équilibre le frein supposé serait égale au poids de 1 600 000 tonnes, suivant l'hypothèse et les calculs tirés de la « *Rede Lecture* » (Cambridge, mai 1866) sur la « dissipation de l'énergie » (voyez l'extrait que nous avons reproduit à la fin de cet article). Cette hypothèse suppose que HH' est incliné sur OM à un angle de 45 degrés, position qui, si nous supposons que la protubérance des marées a une certaine valeur, donne un retard, le plus grand possible. On a choisi cette valeur angulaire pour déterminer une limite supérieure du retard que cet élément peut produire sur la rotation de la terre. Ce retard serait le même que si la terre (comme un globe terrestre ordinaire) avait deux pivots au pôle nord et au pôle sud, et que si des forces résistantes, égales, toutes réunies, à 3300 millions de tonnes, 3 300 000 000 000 000, ou 33×10^{14}, étaient appliquées à ces pivots, à l'extrémité d'un bras de levier d'un quart de pouce! Avec la même protubérance dans le sphéroïde lunisolaire (1), le frottement produit en sens inverse du mouvement de la terre pourrait descendre à la cinquième partie du chiffre précédent, si l'angle HOM allait jusqu'à 84 degrés. Or, comme le retard des plus hautes marées après les syzygies s'élève probablement à plus de douze heures, l'angle MOS peut être moindre que 6 degrés; d'où il résulte que HOM ne peut avoir plus de 84 degrés. On doit donc admettre, soit que la marée moyenne a une hauteur moindre de 1 pied 1/3, soit que la résistance offerte à la rotation de la terre est plus grande que la cinquième partie de celle dont nous avons parlé. Il reste encore un point douteux, c'est que le retard moyen des grandes marées syzygies n'est pas moindre de douze heures.

13. La tendance générale de cette action est de diminuer la rapidité de la rotation de la terre autour de son axe, et d'augmenter la durée du jour. Il y a longtemps qu'une telle idée s'est présentée aux philosophes, aux profonds penseurs. Il est difficile de dire qui a eu l'occasion de l'énoncer d'abord. On a récemment affirmé que le métaphysicien Kant avait été le premier à deviner que la vitesse de rotation de la terre est diminuée par le phénomène des marées. Tout ce que je sais, c'est que cette idée me fut suggérée par le professeur James Thomson, au premier meeting de l'Association Britannique qui a eu lieu à Glasgow en 1840. Il déduisait de la *Théorie de l'énergie*, que le frottement des marées, dans les détroits doit donner lieu à une perte de *force vive* résultant des mouvements de la terre et de la lune. Des articles publiés plus récemment, notamment ceux de Mayer, le grand promoteur allemand de la théorie moderne de la chaleur, qui a fait tant d'efforts pour propager l'idée d'une équivalence entre la chaleur et le pouvoir mécanique, — indiquent que la rotation de la terre doit être diminuée par les marées.

14. Mais nous pouvons aller encore plus loin, et dire que l'action des marées sur la terre trouble la lune par réaction. La déformation que les marées exercent sur les eaux de la mer produit sur la lune le même effet que si elle n'était point attirée précisément vers le centre de la terre, mais suivant une ligne qui se trouve, relativement à son mouvement, un peu en avant. Par conséquent, la lune éprouve continuellement une attraction en avant dans son orbe par suite de la réaction des eaux de la mer. On serait naturellement conduit à supposer qu'une force agissant en avant doit accélérer le mouvement de la lune; mais en réalité l'effet de cette force

(1) Voyez la note placée en bas du § 9.

(1) La quantité qui a été prise donnerait une moyenne de 1 pied 1/3 de différence entre la plus haute et la plus basse mer, pour la moyenne générale de toute la terre. Ce résultat suppose que partout les marées sont ce qu'elles seraient dans le cas où un immense océan d'une profondeur d'une centaine de kilomètres au moins couvrirait toute la terre.

Ce serait sans doute un homme bien audacieux, celui qui dirait qu'un pareil miracle est impossible au pouvoir créateur, à qui tout doit être possible. Mais nous savons que le pouvoir créateur a mis dans notre esprit un désir de découvrir la raison des choses, en même temps que la faculté d'y parvenir. Il n'y a donc aucune hardiesse, aucune audace à examiner les notions que nous pouvons nous faire de la puissance du Créateur. Aurions-nous donc raison de croire que le pouvoir créateur a ordonné au soleil de marcher, de briller et de donner éternellement de la chaleur? Avons-nous raison de supposer que le soleil est un miracle perpétuel? Je me sers du mot de miracle pour désigner une violation des lois qui règlent l'action de la matière sur la matière, lois que nous pouvons étudier à la surface de la terre, dans nos laboratoires et dans nos ateliers de mécanique. Les géologues qui ont accepté sans restriction les idées de Playfair ont raisonné comme si le soleil avait été créé pour jouer ce rôle. Je pense que c'est par défaut de réflexion qu'ils ont adopté cette manière de voir; car ces mêmes géologues insistent avec beaucoup de force sur cette idée, que nous devons considérer les lois observables, dans l'état actuel des choses, comme des lois éternelles. Je crois même que ces savants se sont trop hasardés en affirmant que nous devons considérer les lois actuelles, dont nous ne pouvons observer qu'une faible fraction, comme des échantillons suffisants des lois éternelles qui gouverneront l'univers dans tous les temps. En tout cas, je pense que c'est par une omission qu'ils ont été conduits à négliger un fait aussi considérable que celui de la lumière et de la chaleur du soleil.

22. Les actions mutuelles et les mouvements des corps célestes ont été considérés comme si la lumière et la chaleur nous étaient envoyées sans perte aucune d'énergie mécanique. Cependant quelle masse d'énergie mécanique le soleil n'émet-il pas chaque année! Si nous calculons la valeur mécanique exacte de la chaleur qu'il émet en 81 jours de temps, nous arrivons à trouver une quantité égale à toute la force vive du mouvement de translation de la terre dans son orbe. Ce mouvement annuel de la terre possède une certaine valeur mécanique. En effet, il faudrait un certain nombre de chevaux-vapeur pour mettre en mouvement avec la même vitesse un corps aussi grand que la terre. Ce pouvoir énorme, employé sans perte à frotter deux pierres l'une contre l'autre, engendrerait précisément la quantité de chaleur que le soleil émet en 81 jours. Supposons maintenant que le mouvement de la terre soit anéanti, qu'est-ce qui arriverait? Elle donnerait d'un seul coup quatre-vingt-une fois plus de chaleur que le soleil n'en émet en un jour, et elle commencerait à tomber sur le soleil. Elle acquerrait dans sa route une rapidité telle, que la collision donnerait naissance à un gigantesque éclair de lumière et de chaleur. En quelques minutes elle en produirait autant que le soleil en émet en 95 années.

Cela doit paraître une quantité effrayante. Mais nous allons en trouver bien d'autres en cherchant à nous faire une idée de la chaleur qui résulterait de la chute de tous les corps planétaires.

Jupiter, avec son énorme masse, tombant de la distance où il se trouve, donnerait en peu d'instants une quantité égale au rayonnement de 32 240 années. Prenons toutes les planètes ensemble, supposons qu'elles tombent toutes à la fois sur le soleil en partant de leurs distances actuelles: on trouve que le choc produirait une quantité de chaleur égale au rayonnement de 46 000 années.

Ces chiffres ne peuvent être calculés avec une bien rigoureuse exactitude. Il y a peut-être 10, 20 ou 30 pour 100 d'erreur. Mais cela n'a point grande influence sur le genre de conclusions auxquelles nous voulons arriver. Dans l'Océan des forces, quelle goutte que la quantité d'énergie représentant le mouvement des planètes, ou bien encore tout le travail qu'elles doivent accomplir avant d'arriver au soleil, leur port de repos! Qu'est-ce que tout cela auprès de la quantité de chaleur que le soleil a déjà émise? Fais-je une hypothèse gratuite en supposant que tous les géologues admettraient son existence depuis plus de quarante-six mille ans? Bien au contraire, tous considèrent comme établi, que le soleil a déjà dans l'intervalle des temps géologiques émis dix, vingt, cent, peut-être mille, je n'ose dire cent mille, mais peut-être mille fois plus de chaleur que toutes les planètes n'en produiraient en tombant sur lui. Et cependant, ni Playfair, ni ses adeptes n'ont fait attention à cette prodigieuse dissipation d'énergie; ils parlent de l'état actuel des choses, comme s'il devait être éternel.

23. Si le soleil n'a point été créé comme un corps miraculeux, destiné à donner éternellement de la lumière et de la chaleur, nous devons supposer que c'est un corps soumis aux lois de la matière (je ne parle pas des lois qui peuvent être encore inconnues); mais il ne saurait violer celles que nous avons découvertes, ou plutôt que nous croyons être parvenus à découvrir. Nous devons raisonner avec le soleil, comme nous ferions avec une masse énorme de fer, de silice, ou de sodium. Nous ne savons point combien il y a de fer, de silice, ou de sodium; mais il y a certainement du sodium, comme Stokes me l'a appris avant la fin de l'année 1851. Il y a certainement aussi du fer, comme Kirchhoff l'a prouvé d'une façon admirable. En tout cas, nous devons raisonner comme si le soleil était constitué de substances ayant des propriétés analogues à celles que nous connaissons. Un fait aussi digne d'attention: les physiciens affirment que tous les corps rencontrés par la terre dans sa course à travers les espaces infinis ne contiennent que des éléments connus, que des substances qu'on trouve à la surface de la terre. Si nous pouvions palper un morceau refroidi du soleil, nous aurions donc quelque minerai, quelque métal, quelque roc cristallisé, quelque chose qui ne nous étonnerait en aucune façon. Ainsi nous pouvons raisonner sur le soleil d'après les propriétés que nous connaissons à la matière qui nous entoure.

24. En 1854, je soutins l'hypothèse que la force émise constamment par le soleil sous forme de lumière (ou de chaleur rayonnante) pouvait lui être restituée par des météores tombant sans cesse sur sa surface. Mais de très-fortes raisons m'ont conduit à abandonner la partie de la théorie que je défendais alors, et qui affirmait que la force rayonnée chaque année était fournie pendant cette année même. J'ai préféré adopter la théorie de Helmholtz, admettant que la chaleur du soleil provient du travail de la gravité produite par l'attraction des masses qui, en se réunissant dans les temps anciens, ont fini par former le soleil.

Le motif principal qui m'a décidé à abandonner mon ancienne hypothèse, c'est que la masse des corps circulant autour du soleil à une petite distance de sa surface aurait dû être énorme pour fournir la quantité de chaleur qu'il dépense

nt pendant mille ans ou deux mille ans, et que, s'il en
i, une comète arrivant près de la surface du soleil et
nt ensuite, laisserait apercevoir dans sa marche des
'une résistance que jamais comète n'a paru éprouver.
nous avons de fortes raisons de croire qu'il ne cir-
t maintenant autour du soleil assez de météores pour
la quantité de chaleur nécessaire pendant un petit
de milliers d'années.
et état de choses, nous sommes obligés d'abandonner
ée de voir le soleil tirer son combustible du dehors:
y a pas pour y conduire de *fil sous-marin, ni de che-*
r souterrain pareil à celui de Richmond U. S. pendant
e de la sécession. Nous voyons tout ce qui se passe
du soleil, et nous savons qu'il ne peut avoir d'autres
l'énergie que la chute des météores. S'il en est ainsi,
mmes conduits à l'idée qu'il ne fait pas une moisson
lle de force, et que par conséquent son pouvoir dimi-
stamment.
nons maintenant l'idée la plus raisonnable que nous
nous faire. Supposons qu'on ait une grande masse
ustion, une grande masse non encore combinée,
te à entrer dans des composés, tels que du coton-
de la nitro-glycérine, ou quelque autre corps possé-
us un petit volume, un grande quantité d'énergie
able. On peut supposer que telle est en effet la con-
du soleil, et qu'il renferme, en lui-même, tous les
s de combustion. On peut admettre aussi que le soleil
ment et simplement un corps en train de se refroidir.
lle que soit l'opinion à laquelle nous nous arrêtions,
pouvons pas nous imaginer qu'il contienne de la cha-
r plus d'un petit nombre de millions d'années.
l je dis un petit nombre de millions, je dois ajouter
onsidère une centaine de millions comme étant un
mbre de millions, et que je ne vois aucune raison
pour soutenir que le soleil n'ait pu fournir de la chaleur
une centaine de millions d'années avec l'intensité ac-
e son émission. Un article que j'ai publié dans le *Mac-*
Magazine, en mars 1862, sur l'âge de la chaleur du
ontient les résultats de l'examen de différentes ques-
latives à la quantité de chaleur que peut contenir le
ai traité ce corps céleste comme si j'avais eu à m'occu-
ne pierre ou d'une masse quelconque de matière ordi-
e n'ai considéré que ses dimensions, et je me suis
u'il était possible que le soleil éclairât la terre depuis
llions d'années, mais, en même temps, qu'il n'était
obable qu'il l'eût éclairé pendant cinq cents millions
s.
layfair examine la terre et prétend en tirer le même
age que des corps célestes, lesquels montreraient,
lui, comme on l'a vu, qu'ils ont toujours tourné de la
manière qu'aujourd'hui. Aux yeux de tous les obser-
qui n'obéissent point à une opinion préconçue, la
e aussi ne donnerait aucun signe d'un commencement,
ne verrait en elle aucune trace de progrès, aucun in-
marche vers un but déterminé!
inons seulement, pour répondre à Playfair, la question
npérature souterraine. Si vous creusez la terre en un
uelconque, vous trouvez qu'elle est chaude, et si vous
descendre vos thermomètres très-avant, il est pro-
ue vous la trouveriez très-chaude. Supposez que vous
ant vous un globe de pierre : vous le creusez dans un endroit et vous le trouvez chaud, vous le creusez dans un autre, vous le trouvez encore chaud, et ainsi de suite. Est-il raisonnable de dire que ce globe de pierre était comme cela pendant un millier de jours? Évidemment non. Vous direz ce « globe de pierre a été placé dans le feu et chauffé, il n'y a pas un grand nombre d'heures ». Il serait aussi raisonnable de prendre une bouteille d'eau bouillante, comme celle qu'on emploie dans les wagons de chemin de fer, et de dire que cette bouteille a toujours été dans l'état où elle se trouve. On ne serait pas moins extraordinaire que Playfair quand il dit que la terre a toujours été ce qu'elle est aujourd'hui, et qu'elle n'offre aucune trace de changement continu, de progrès vers un but déterminé.

26. On a fait, il est vrai, quelques tentatives, peu sérieuses, pour se débarrasser de cette chaleur souterraine. Les géologues dont je combats la théorie admettent, je crois, que la température augmente à mesure que l'on descend, partout où les observations sont faites. Ils ont traité la question d'une façon plus énergique. Tout en avouant qu'on trouve dans beaucoup d'endroits les preuves d'une augmentation de température lorsqu'on creuse le sol, ils soutiennent que la réalité d'une semblable augmentation de température dans toutes les parties de la terre n'est pas prouvée, ou du moins qu'il n'est pas possible d'affirmer que la théorie expliquant la chaleur centrale du globe par des actions chimiques locales est inexacte (1).

Telles étant les doctrines actuelles sur l'état de la chaleur souterraine, à qui faut-il s'adresser pour recueillir un témoignage? A l'observation, à l'observation seule. Nous devons aller et regarder. Nous devons creuser la terre çà et là autour de nous. Nous devons mesurer les températures souterraines dans d'autres contrées. Nous devons envoyer dans les déserts de l'Afrique pour y forer des trous aux endroits où l'eau n'a pas pénétré depuis des milliers d'années (2). Toute la terre doit devenir l'objet d'une sorte de cadastre géothermique. Ayant été frappé de la justesse de ces vues, il y a déjà un grand nombre d'années, j'ai longtemps essayé, mais en vain, d'appeler sur elles l'attention des géologues, et je suis maintenant très-reconnaissant à la Société géologique de Glasgow de me donner une occasion d'en parler ce soir devant elle. On me permettra d'ajouter qu'au récent meeting de l'Association britannique à Dundee, on n'a point mis en doute l'importance des études dont la température souterraine pouvait être l'objet. Ce sujet fut traité devant elle par un savant hongrois, Schwarcz; et le résultat de la discussion qui suivit la lecture de ce mémoire fut la nomination d'un comité pour étudier les températures souterraines (3).

27. Les lois qui régissent la pénétration de la chaleur de l'été et du froid de l'hiver dans les profondeurs de la terre ont été étudiées par le grand mathématicien Fourier, et elles devinrent le sujet d'observations faites dans différentes localités. Nous savons très-bien maintenant quelle température ou plutôt quelle variation annuelle sera constatée à dix, vingt ou trente pieds de profondeur, suivant la conductibilité et la

(1) Voyez, dans notre tome IV, p. 737, 19 octobre 1867, une conférence de M. Sterry Hunt sur la *Chimie des premiers âges de la terre.*

(2) C'est le contact de l'eau qui, d'après la théorie de Davy, produirait les phénomènes chimiques, source de la chaleur centrale du globe, en agissant sur le noyau alcalin de la terre.

(3) Voyez notre tome V, page 111, 17 janvier 1868, dans notre compte rendu de la session de Dundee.

capacité des couches superficielles pour la chaleur. Si nous creusons à une profondeur de vingt-quatre pieds au cœur de l'hiver, nous pouvons trouver la température la plus élevée. La chaleur de la dernière canicule se trouve probablement à une trentaine de pieds au-dessous du sol. Forbes institua des expériences à Calton Hill, à la carrière de Craigleith, et aux Jardins d'expérience. Dans ces trois endroits les observations continuèrent pendant plusieurs années, la température étant observée chaque semaine. Il se servit de ces observations pour calculer le pouvoir conducteur des différentes couches, et je crois que c'est à ses travaux que l'on doit les premières données exactes sur le pouvoir conducteur des roches dans les conditions naturelles de la croûte de la terre. Ångström a fait des expériences semblables en Suède, et en a déduit des résultats à l'aide de principes analogues. Enfin de pareilles observations ont encore été faites à Greenwich, et calculées par le docteur Everett. Nous pouvons donc considérer la conductibilité moyenne des roches de la surface de la terre comme étant assez connue.

28. Mais la question de savoir de combien la température s'accroît de cent en cent pieds, à mesure que l'on descend dans l'intérieur de la terre, a été très-imparfaitement étudiée. Les observations faites sur la température des mines, comme Schwarcz le signale et comme Philipps le fit remarquer à la Société géologique de Londres, sont très-peu satisfaisantes.

La circulation de l'air et de l'eau qui se concentre dans certains endroits et que l'on pompe dans certains autres, donne naissance à des perturbations énormes. Ainsi, lorsque nous trouvons dans une couche profonde une température inférieure à celle qui règne dans une couche plus élevée, nous ne sommes point en état de dire que ce résultat est dû à l'influence de roches plus froides. La mine profonde la mieux ventilée sera la plus froide.

Je dois faire en passant une remarque qui n'est point sans importance aujourd'hui et pour l'avenir au point de vue de l'épuisement de nos mines de charbon (1); c'est que nous ne connaissons pas encore de profondeur où la chaleur centrale empêche d'exploiter la houille! Supposez qu'il y ait de la houille, ou plutôt du coke, dans une couche dont la température serait celle du fer rouge : on pourrait aller y travailler très-aisément; la seule chose nécessaire serait une ventilation suffisamment énergique. La température pourrait ainsi être entretenue à un degré que notre organisation supporte facilement. Il n'y a donc point de limite à la profondeur où le mineur peut descendre. Je ne prétends pas qu'il n'en coûterait pas beaucoup plus cher pour tirer le charbon de quatre mille brasses, que pour le prendre comme maintenant à une profondeur qui n'atteint pas cent ou deux cents brasses; mais ce qui est certain, c'est qu'on pourrait l'amener à la surface de la terre, quand même les couches environnantes seraient à la température rouge. Une ventilation suffisante, dirigée d'après les véritables principes de la thermodynamique (2), pourra entretenir une température satisfaisante pour les travailleurs.

29. Tous les physiciens intelligents sont unanir déclarer que nous ne pouvons tirer aucune concl rieuse de la température observée dans l'intérieur d Mais tous les sondages pratiqués pour découvrir nouveaux donnent le moyen de faire des observatio Quand on fait un trou de sonde, si on l'abandon même, il prend au bout de deux ou trois jours, la ture des couches environnantes. Laissez alors desc thermomètre dans ce trou, prenez des moyens con pour suivre ses indications, et vous aurez une mes température à chaque profondeur. Il se présente breuses occasions pour faire des recherches géoth dans cette contrée (autour de Glasgow), à cause de quantité de sondages que l'on y pratique pour reche filons, et qu'on abandonne ensuite sans qu'ils devie centre d'aucune exploitation. Grâce à l'obligeance de bell, de Blythswood, le comité de l'Association bri a eu à sa disposition plusieurs de ces trous de sondag un d'eux, on a fait des observations très-soignées, trouvé une température augmentant, il est vrai, ave fondeur, mais bien différente suivant la nature des cette différence étant due, sans contredit, aux condu calorifiques différentes des diverses substances. Je besoin de citer de nombres, mais je peux dire qu'en l'accroissement est à peu près exactement de 1/50 Fahrenheit par pied de nivellation. C'est à peu moyenne que l'on peut tirer des diverses observatio dans d'autres pays.

On a mis un autre trou à la disposition du comité va commencer immédiatement son étude, de sorte peu de jours, je le pense, nous pourrons avoir des exacts. Ce trou a été choisi parce que l'ingénieur d dans son rapport dit que le charbon en provenant ét logue à du coke, ce qui montre qu'il avait subi l'acti chaleur terrestre. Une question intéressante s'élève lement ici. Ne pourrait-on trouver un reste de la chal transformé cette houille dans les temps anciens? A-t développée dans une période si reculée que les couc

(1) Sur ce sujet, voyez une conférence de M. W. Stanley Jevons, dans notre tome V, page 606, 22 août 1868.

(2) C'est-à-dire que l'air doit être comprimé et refroidi, soit à la surface extérieure de la terre, soit dans quelque endroit convenable de la mine ou des puits, à une faible profondeur au-dessous de la surface. Cet air froid et dense doit être conduit dans une couche profonde et répandu dans la mine en se dilatant, comme le fait la vapeu piston des machines à haute pression et à détente. Une gran du travail de la machine soufflante doit être dépensé autrem travaux de nature à engendrer de la chaleur dans la mine. Il exemple, s'en servir pour mouvoir le mécanisme qui enlèv tières minérales. On peut employer une portion de la force détacher le charbon de sa couche, comme on le fait maintena des machines à air comprimé; mais on doit se rappeler que l'é dynamique de cette partie du travail de la machine est dévelo la mine sous forme de production de chaleur. Il semble que le moyen pour exploiter des mines très-profondes doit être d' des machines à vapeur placées à la surface de la terre et destiné primer de l'air. Cet air comprimé doit être employé à faire mouvo machines situées à de grandes profondeurs et nécessaires pou les minéraux, etc.; 2° les machines volantes distribuées dans rentes parties des galeries pour détacher les matières minéral ainsi qu'on pourrait arriver à distribuer dans la mine une suffisante d'air froid. Si l'on adoptait la méthode ordinaire de v par un courant d'air, soit par une pompe à air, soit par un fe au pied d'un puits, le courant d'air frais s'échaufferait dans la d'environ 1 degré c. pour chaque centaine de brasses par la con naturelle de l'air sous son propre poids, ou plus exactement d grés c. par 1000 brasses. C'est 1/100 de degré centigrade p suivant un travail que j'ai publié dans les *Proceedings* ... *littéraire et philosophique de Manchester*, ... intitulé : *Sur l'équilibre convectif de la tempér*

ır desquelles elle s'est développée, n'en aient plus aucune trace?

erminerai cette lecture en me référant aux calculs uantité de chaleur que rayonne maintenant l'inté- la terre, calculs que j'ai développés en 1865, devant té royale d'Édimbourg, dans un mémoire intitulé : *ine de l'uniformité en géologie rapidement combattue* (1), echerches analytiques sur les antécédents de l'état la chaleur souterraine exposées en 1862, devant la ciété, dans un mémoire (2) *Sur le refroidissement de la terre*, inséré plus tard dans un volume de la *ie naturelle*, récemment publié par M. le professeur r moi. Le premier de ces deux mémoires montre que ssement actuel de la quantité de chaleur n'aurait pu r pendant vingt ou trente mille millions d'années sans énorme. La terre aurait cédé aux espaces qui l'en- ent fois autant de chaleur qu'il en faudrait pour faire zéro à 100 degrés centigrades un morceau sphérique reil à ceux qui couvrent la surface de la terre et dont serait égal au rayon terrestre. Dans le second, en l'état antérieur à l'aide de l'analyse, j'arrive à éta- la condition actuelle de la surface indiqué deux es, soit que la surface a éprouvé un décroissement ur de plus de 100 degrés Fahrenheit pendant ces vingt rnières années, ou que le décroissement a été plus able mais s'est produit dans une période antérieure aux nts derniers siècles (Thomson et Tait, Appendice D.,

erait-on des géologues disposés à admettre que pen- deux cents derniers siècles, il y a eu une époque où rature de la terre était aussi élevée? Je ne le pense pas. rois pas qu'un seul géologue moderne puisse ac- endant un seul instant, l'hypothèse que l'état ac- a chaleur souterraine est dû à un échauffement de e pendant une période aussi peu reculée. Or, si nous ons point qu'il en soit ainsi, nous sommes obligés ser que la terre a éprouvé un échauffement superfi- grand à une époque antérieure. Mais je peux affir- une chaleur plus grande aurait fait périr presque s plantes et presque tous les animaux. Est-ce que les s modernes sont préparés à dire que toute vie a dis- la terre il y a cinquante mille, cent mille ou deux le ans? Pour la théorie de l'uniformité, plus on re- emps de la haute température, mieux celle-là vaut; s nous le reculons, plus nous sommes obligés de dire tait élevée. Le mieux pour ceux qui font un pareil temps est de reculer cette crise le plus possible et re que la chaleur était suffisante pour tout fondre. me en faisant cette hypothèse, nous devons poser uelque limite, telle que cinquante millions d'années, lions et deux ou trois cents millions (3). Plus loin, nous ns plus marcher. L'argument développé dans le pa- 19, sur la rotation de la terre, prouve que cet astre u tourner comme il est maintenant pendant un mil- illions d'années. La théorie dynamique de la chaleur rend presque impossible l'hypothèse que la surface re ait été illuminée par le soleil pendant un grand nombre de dizaines de millions d'années. Enfin, formellement, lorsque nous considérons l'état de la température souterraine, nous sommes conduits par toute espèce de considérations à conclure que l'état actuel des choses sur la terre, la vie que nous y voyons, toute la série géologique dont nous considérons le développement, doivent être limitées à une période d'une centaine de millions d'années.

WILLIAM THOMSON,
Professeur à l'université de Glasgow.

— Traduit de l'anglais par W. de FONVIELLE. —

APPENDICE

Observations et calculs nécessaires pour trouver le retard que les marées produisent sur la rotation de la terre (extrait de la « *Rede Lecture* » ; *sur la dissipation de l'énergie*, faite à Cambridge le 23 mai 1866 et encore inédite.

La première publication d'un calcul sur la quantité dont la vitesse de rotation de la terre diminue par suite du frottement exercé par les marées est dû, je crois, à M. William Ferrel. On trouve ce travail dans le numéro du 8 décembre 1853 du Journal astronomique de Cambridge (États-Unis). Ce calcul est établi en déterminant le moment de l'attraction de la lune autour du centre de la terre sur une enveloppe régulière sphéroïde d'eau, symétrique autour de son grand axe; cette droite (à cause de l'influence du frottement du liquide) se trouve inclinée en arrière et forme un angle aigu avec celle qui va du centre de la terre à celui de la lune. Une des manières les plus simples d'arriver à ce résultat est la suivante. On part des propriétés connues de l'attraction des ellipsoïdes, ou plus facilement encore de la considération de l'*harmonique sphérique* (1) convenable du second degré (ce qui revient au coefficient de Laplace). Alors on trouve sans peine qu'un sphéroïde équipotentiel très-rapproché de la surface d'un ellipsoïde homogène et solide presque sphérique est un ellipsoïde dont les deux axes diffèrent des 3/5 de la différence des axes du premier. Il en résulte qu'un sphéroïde homogène allongé attire très-approximativement des points situés au dehors, comme si sa masse était concentrée dans une barre homogène dont les extrémités coïncideraient avec les deux foyers de l'ellipsoïde équipotentiel (2).

Si, par exemple, une sphère d'eau de 21 millions de pieds de rayon (c'est à peu près le rayon de la terre) est changée en un sphéroïde allongé, dont le rayon le plus long excède de deux pieds le plus court, la différence du rayon équatorial et du rayon polaire du sphéroïde équipotentiel sera 6/5 de pied. Les deux foyers seront à 7100 pieds de chaque côté du centre. Il s'ensuit que la résultante de la gravitation entre ce sphéroïde d'eau et les corps extérieurs sera la même que si toute la masse était concentrée dans une barre uniforme de 14 200 pieds de longueur. Mais une proposition bien connue (3) nous apprend qu'une ligne uniforme FF′ (cette démonstration se comprend sans figure) attire un point M, suivant la bissectrice MK de la ligne FMF′. Menons CQ perpendiculaire sur la bissectrice, tombant du point C au milieu de FF′, et cherchons à déterminer, dans le cas qui nous

R. S. E., décembre 1865.
re fois dans les *Transactions R. S. E.*, 1862.
ndice D., § r.

(1) Voyez la *Philosophie naturelle* de Thomson et Tait, § 536.
(2) Thomson et Tait, *Philosophie naturelle*, § 501 et § 480 (*e*).
(3) Thomson et Tait, § 480 (*b*) et (*a*).

occupe, la longueur de ce bras de levier. Supposons que

$$CM = 60 \times 21 \times 10^6 \text{ pieds anglais},$$

ce qui est la distance moyenne de la lune, et donnons à l'CM la valeur de 45 degrés. Un calcul de géométrie élémentaire donne CQ = 2/100 de pied = 1/4 de pouce. La masse d'un globe d'eau dont le volume égalerait celui de la terre, vaut 97×10^{21} tonnes (1) ; la masse de la lune étant de 1/80 de la masse de la terre, l'attraction de la lune sur une tonne à la distance de la terre est de $\frac{1}{80} \times \frac{1}{60^2}$ ou $\frac{1}{290\,000}$ d'une tonne-force, si nous appelons, pour abréger, *tonne-force* le poids ordinaire d'une tonne à la surface de la terre (2). Il en résulte que toute l'attraction de la lune sur un globe d'eau d'un volume égal à celui de la terre est $\frac{97 \times 10^{19}}{290\,000}$ ou $3{,}3 \times 10^{15}$ tonnes-force. Par conséquent, si la perturbation produite par la marée était exactement ce que nous avons supposé, ou si, quoique irrégulière, elle avait le même effet, l'influence retardatrice de la lune serait $3{,}3 \times 10^{15}$ tonnes-force agissant dans le plan de l'équateur, et suivant une ligne passant par le centre à 1/50 de pied de distance. Elle serait donc la même que celle d'un frein produit par une force de $3{,}3 \times 10^{15}$ tonnes-force, agissant à la surface d'un pivot d'un demi-pouce de diamètre. Pour estimer le retard produit par cette force, nous supposerons que le rayon de gyration de la terre, — au lieu d'être 2/5 du rayon de figure, comme il le serait dans le cas de la terre homogène, — soit 1/3 de ce même rayon, c'est-à-dire ce qu'il est suivant la loi de Laplace sur l'accroissement de densité, à l'intérieur, avec la valeur donnée au paramètre et la vérification de la valeur actuelle de la précession des équinoxes dans l'hypothèse que la terre est rigide. En supposant $g = 32{,}2$ pieds par seconde de vitesse gagnée en une seconde, et en admettant que la masse de la terre soit $5{,}3 \times 10^{21}$ tonnes, la perte de vitesse angulaire par seconde sera, en vertu des suppositions que nous avons faites :

$$\frac{32{,}2 \times 3{,}3 \times 10^{15} \times 0{,}02}{5{,}3 \times 10^{21} \times \frac{1}{3}(21 \times 10^6)^2} = 2{,}7 \times 10^{-21}$$

La perte de vitesse angulaire de rotation dans un siècle sera $31\frac{1}{2} \times 10^8$ plus grande, c'est-à-dire $8{,}5 \times 10^{-12}$, ou bien $\frac{1{,}16}{10^7}$ de $\frac{2\pi}{86{,}400}$, la vitesse angulaire actuelle. Ainsi, à la fin d'un siècle, la terre tournera moins rapidement, et sera en état de perdre 1,16 seconde par 10 millions, ou 3,6 secondes par an. L'accumulation de cet effet mettrait la terre en retard de 180 seconde à la fin d'un siècle, de 720 à la fin d'un second, etc., etc. Dans l'état d'imperfection actuelle de l'horlogerie, le seul chronomètre qui puisse être employé pour régler la marche de la terre va bien plus mal : *c'est la lune.* Le soin merveilleux et l'immense travail consacré à la théorie lunaire par les deux grands astronomes Adams et Delaunay semble prouver que la terre a perdu, dans un siècle, 10 secondes sur la lune, en tenant compte de toutes les corrections provenant de toutes les pertubations connues. M. Delaunay a suggéré que la vraie cause de ce retard peut être le frottement produit par les marées, frottement qu'il a prouvé être suffisant, à l'aide d'un calcul analogue à celui que nous venons de tenter (1); mais les nombreuses influences auxquelles la lune est exposée la rendent un très-mauvais chronomètre. Supposons, par exemple, que la glace des régions polaires fonde sur une épaisseur d'un pied ; ce pied de glace donnera 1,1 d'eau sur une calotte sphérique, que nous supposons de 20 degrés, autour du pôle. Cette masse d'eau ne donnera que 0,066 pied d'eau sur tout le globe et 3/4 de pouce, un pouce à peine, sur la surface des mers ! Ce résultat ou l'inverse peut arriver chaque année, et ne saurait être découvert, par les observations et les calculs qui ont été faits jusqu'à présent sur le niveau moyen des mers; cependant il retarderait ou accélérerait le mouvement de l'horloge terrestre d'un dixième de seconde par an, ou de 10 secondes par siècle (2).

Une autre hypothèse excellente, fondée par des calculs qui montrent qu'elle n'est point improbable, a été faite devant l'Académie des sciences de Paris par M. Dufour. Le retard de la rotation de la terre, ou une partie considérable de ce retard, peut être due à un accroissement de son moment d'inertie par l'incorporation des météores tombant à sa surface. Si nous supposons que le moment antérieur des météores, par rapport au centre de la terre, soit nul, leur influence sera déterminée en vertu des calculs qui ont servi pour évaluer le résultat de la fusion de la glace. Ainsi des météores tombent en poudre fine, comme il est probable que cela arrive pour le plus grand nombre de ceux qui entrent dans l'atmosphère et qui ne sont pas renvoyés dans l'espace extérieur. S'il en tombe assez pour former une couche d'une épaisseur de 1/20 de pied par siècle, et que leur densité moyenne égale 2,4 fois celle de l'eau, le retard de la rotation de la terre serait

---

(1) En évaluant de grandes masses pesantes, si l'on se sert des mesures anglaises, il est bon d'employer la tonne, parce qu'elle est assez voisine de 1000 kilogrammes, pour tous les comptes approchés; elle est de 1016k,047, de sorte qu'il faut la diminuer de 1,6 0/0 pour la réduire à 1000 kilogr.

(2) Ne pas oublier que la distance moyenne de la lune est égale à 60 rayons terrestres.

(1) Il semble presque impossible, *sans attendre plusieurs siècles*, d'arriver à déterminer avec une certaine approximation le retard actuel de la rotation de la terre par suite du frottement que les marées lui font éprouver, excepté par des observations attentives et soigneuses de la valeur et de l'époque des marées sur les rivages des continents et des îles dans toutes les mers. La vraie théorie dynamique rendra de grands services pour étudier cet élément à la mer, mais si l'on suppose que cet élément soit connu partout, le retard de la rotation de la terre sera facilement calculé par des quadratures.

(2) Voici quel est le calcul. Soit E, la masse de toute la terre, a son rayon, k le rayon de giration avant la fusion de la glace, k' le rayon de giration après, W la masse de la glace fondue ; on sait que $2/3\, a^2$ est le carré du rayon de giration de la mince couche d'eau répandue sur toute la surface de la terre; par conséquent celui du chapeau de glace qui est répandu sur chaque calotte polaire, depuis 90 degrés jusqu'à 70 degrés de latitude, est à très-peu près $1/2\, a^2 (\sin. 20°)^2$; on a donc, avec les rotations précédentes,

$$Ek'^2 = Ek^2 + Wa^2\left[\frac{2}{3} - \frac{1}{2}(\sin. 20°)^2\right]$$

En vertu du principe de la conservation du moment de rotation, la rapidité du mouvement rotatoire de la terre variera réciproquement comme le carré de son rayon de giration. Pour mettre ce théorème en nombres, nous devons prendre $k^2 = 1/3\, a^2$ et $a = 21 \times 10^6$. Comme la densité moyenne de la terre est de 5 1/2 fois celle de l'eau et que le volume d'un globe est l'aire de sa surface, multipliée par le tiers de son rayon, nous aurons finalement la proportion

$$E : W :: \frac{5{,}5a}{3} : 0{,}066.$$

Ce qui nous donnera le chiffre que nous avons énoncé de 1/10 de seconde par an.

seconde. En outre, cet accroissement de la masse de rre produirait une accélération proportionn elle dans le n mouvement de la lune. Il en résulte qu'une couche 40 de pied par siècle, ou de 1 pied en 4000 ans, suffirait produire le résultat de MM. Adams et Delaunay. Je ne vois l'autre moyen d'établir directement la vérité des hypos très-intéressantes de M. Dufour, que d'analyser chiminent la poussière prise dans quelque localité convenable, par exemple, qui, pendant deux ou trois mille ans, a coud'une couche épaisse de plusieurs pieds les monuments tiens, grecs et romains. Si l'on trouvait une quantité consible de fer avec une grande proportion de nickel, on aurait puissant argument en faveur de l'origine météorique portion sensible de la poussière de la terre.

peut indiquer une autre source d'erreur de notre chronodans le refroidissement de la terre; mais je trouve, par les ls publiés ailleurs (1), en prenant $\frac{1}{100.000}$ comme coefit de contraction séculaire, que l'accélération due à la raction de la terre doit être très-petite, et que dans un elle ne peut point s'élever de plus de 1/30 de seconde, -à-dire de 1/6000 de la valeur qu'on peut attribuer comme au retard produit par les marées.

WILLIAM THOMSON.

COLLÉGE DE FRANCE

STOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY

çon d'ouverture : Vitesse des actes nerveux t cérébraux. — Le vol dans la série animale.

us aurons à nous occuper cette année d'une question qui ttache à nos études antérieures sur le mouvement dans nctions de la vie : *le vol dans la série animale.*

vol est le procédé de locomotion, tantôt indispensable, t accessoire, d'une immense quantité d'êtres vivants. Il artient pas seulement aux insectes et aux oiseaux, qui t habituellement dans l'atmosphère aérienne, — ou à des mifères, comme les chiroptères, — il appartient encore animaux essentiellement voués par le caractère général ur organisation à une vie terrestre ou aquatique : — tels oissons (trigles volants, exocets, scorpènes), tels les repgeckos-dragons, et surtout les ptérodactyles, race au-l'hui disparue.

champ qui se présente à nous est donc très-étendu, et il udra pas s'étonner si nous apportons un nombre de faits eaux assez restreint, par rapport au grand nombre de qui resteront à connaître.

commençant l'étude du mouvement, nous nous sommes sés d'abord aux origines de ce phénomène ; — nous nous es arrêtés sur l'appareil élémentaire qui en est l'organe, re *musculaire*, et sur la fonction élémentaire de cet or-indécomposable, à savoir, l'*onde musculaire*. Puis, dans le de l'année dernière, abandonnant ces phénomènes fon-ntaux, nous avons étudié ceux qui les accompagnent, tels les phénomènes électriques, l'*electrotonus*, la *variation négative*, les actions de la chaleur et du froid sur le mouvement, les modifications que déterminent l'état circulatoire, la respiration, les poisons, etc. Enfin, cette année, nous abordons les manifestations les plus apparentes du mouvement, la fonction de locomotion, et particulièrement la locomotion aérienne, ou le vol.

La fonction du mouvement est complexe : lorsque, par exemple, nous étendons le doigt, et que nous examinons la série des actes qui ont dû se produire pour amener le résultat voulu, nous trouvons au début l'acte de la volonté, acte *psychique*; la transmission de cette volonté, acte *nerveux*; la contraction du muscle, acte *musculaire*; enfin, le mouvement de l'organe, acte *mécanique*.

Dans quel ordre étudier ces manifestations ? Un philosophe d'autrefois, un spinoziste n'aurait pas hésité. — Il faut suivre la marche logique, aurait-il dit, la marche *naturelle* ; — il faut que la recherche ou l'exposition des faits suive l'ordre même de leur apparition.

Voilà précisément le procédé que rejette l'école contemporaine. Les physiologistes de notre temps remonteront l'ordre des manifestations, commençant par les plus grossières et les plus apparentes pour s'élever progressivement aux plus délicates et aux plus cachées. Si l'on eût voulu aborder de front les phénomènes psychiques, on se fût heurté à des difficultés insurmontables. — Et en effet, s'il est vrai qu'*étudier, c'est mesurer*, comment étudier ce qui échappe à toute mesure? Quelle unité servira à exprimer en chiffres les phénomènes de l'intelligence, de la volonté, de la sensibilité, choses semblables à elles-mêmes, hétérogènes à tout ce qui ne leur est pas identique ! Les physiologistes procèdent tout autrement : ils s'adressent d'abord aux phénomènes qui leur offrent une étude plus facile; ce sont presque toujours les derniers termes de cette série d'actes que je viens de rappeler. Chacune de leurs découvertes augmente leurs moyens d'action, et leur permet de remonter à des actes qui paraissaient insaisissables, et de s'élever jusqu'à ces questions sur lesquelles la philosophie spéculative s'était épuisée en efforts infructueux.

On a donc commencé par étudier l'acte musculaire.

J'ai déjà exposé ici même les travaux qui ont été exécutés sur ce point de la physiologie. Le premier pas fut accompli le jour où l'on remplaça l'influence insaisissable de la volonté par l'excitation électrique ; — on étudia alors la contraction musculaire en elle-même. Vous savez de quel secours fut pour cette étude l'application de la méthode graphique et des instruments enregistreurs. C'est au moyen d'un de ces appareils, le *myographe*, qu'Helmholtz, en 1850, put faire ses beaux travaux sur l'action musculaire, et que moi-même j'ai pu apporter ma part de contribution à la théorie de la contraction des muscles. Le myographe a permis d'apprécier avec une rigueur complète l'instant précis où commence le phénomène, sa durée, son amplitude; la forme du graphique a fait connaître toutes les circonstances de sa production.

Or, cette possibilité de noter l'instant précis de la contraction musculaire a permis d'aborder le second des actes qui font l'objet de nos recherches; les matériaux étaient prêts pour l'étude de la transmission nerveuse.

Jusqu'à une époque très-rapprochée de la nôtre, jusqu'en 1845, on croyait que les impressions sensitives se transmettaient au cerveau, et que les courants volontaires en revenaient avec une rapidité foudroyante : le temps nécessaire à

(1) *Refroidissement séculaire de la terre*, Transactions de la Société d'Édimbourg, 1862, et *Philosophical Magazine*, janvier 1863.

ces actes était considéré comme infiniment petit, comme nul ; — et certains physiologistes, Müller entre autres, soutenaient que la science ne pourrait jamais être fixée sur ce point. — L'honneur d'avoir fait mentir ces prédictions revient à Helmholtz, qui appliqua en 1850 un programme d'expériences tracé par du Bois-Reymond cinq ans auparavant. Il prouva qu'on peut mesurer d'une manière précise le temps que l'action nerveuse met à parcourir une longueur de nerf déterminée. Après lui Valentin, du Bois-Reymond, Donders, Marey, reprirent ces expériences et en simplifièrent considérablement le manuel opératoire.

Dans toutes ces recherches, le plan qu'on suivait consistait en ceci : 1° exciter un nerf dans le voisinage du muscle qu'il anime, et déterminer l'intervalle qui s'écoule entre l'excitation du nerf et la contraction qui en résulte; 2° exciter le nerf en un point plus éloigné du muscle, et voir de combien le retard de la contraction sur l'excitation serait accru.

Cet accroissement doit nécessairement s'expliquer par la plus grande longueur que l'agent nerveux parcourt dans le second cas : — il indique donc la vitesse de cet agent dans la longueur du nerf sur laquelle on a opéré, et permet d'en déduire la vitesse absolue.

Helmholtz trouva que, pour parcourir une longueur de nerf de 43 millimètres, le courant employait environ 0s,00175; ce qui correspondrait à une vitesse de 26 mètres par seconde.

Cette vitesse varie, du reste, avec les conditions de l'expérience, et la liaison entre les modifications qu'elle éprouve et les circonstances dans lesquelles on opère est connue. Je n'insisterai pas sur ces faits déjà exposés ; mais j'appellerai votre attention sur ce point remarquable, et qui vient tout à fait à l'appui de notre thèse, à savoir, que la connaissance de l'acte nerveux, rendue possible par les études antérieures sur l'acte musculaire, a permis à son tour de s'élever à l'étude de l'acte psychique.

« La pensée n'aurait-elle pas non plus la vitesse infinie » qu'on lui attribue habituellement, et serait-il possible de » mesurer le temps nécessaire pour la formation d'une idée » ou pour une détermination de la volonté? » Tels sont les termes dans lesquels Donders pose le problème.

C'est aux astronomes que sont dues les premières recherches sur cet intéressant sujet.

Vers l'année 1790, un fait curieux fut signalé par Maskelyne, qui constata que, dans l'estime du passage des étoiles devant le fil d'une lunette méridienne, il y avait un désaccord constant entre ses observations et celles de son aide Kinnebrock. Plus tard Bessel, comparant les observations des autres astronomes avec les siennes propres, vit que la plupart des observateurs signalaient le passage des étoiles un peu plus tard que lui; ce retard relatif était parfois de plus d'une seconde. Ces remarques attirèrent l'attention des astronomes, qui se préoccupèrent de la détermination de cette *erreur* ou *équation personnelle*.

Plusieurs astronomes cherchèrent à déterminer la valeur absolue de l'erreur personnelle. Nous signalerons seulement la méthode imaginée dans ces derniers temps par M. Wolf, de l'Observatoire de Paris. Il dispose une mire lumineuse, sorte d'astre artificiel qui se meut avec une vitesse uniforme, suivant une ligne courbe simulant la trajectoire d'une étoile véritable. Cette mire, au moment où elle passe en réalité devant le fil de la lunette, au moment où son centre se trouve en regard du fil central, ferme un circuit de pile. En cet instant précis, un électro-aimant mis en activité par la clôture du courant pointe le passage de la mire. D'autre part, l'observateur, au moment où il perçoit le passage de l'astre artificiel devant le fil de la lunette, frappe une touche et pointe un signal sur le même chronographe. L'intervalle des deux signaux, évalué en fraction de seconde, mesure le temps écoulé entre le passage réel de l'astre et l'estime de ce passage par l'observateur. C'est la valeur absolue de l'erreur personnelle. Cette valeur reste sensiblement constante pour chaque observateur, à moins qu'en ayant connaissance, il ne s'applique à la corriger. M. Wolf réduisit la sienne de trois dixièmes à un dixième de seconde.

Au point de vue physiologique, qu'est-ce que cette *erreur personnelle?* Les astronomes Bessel et Faye ont émis à ce sujet l'hypothèse d'une opération intellectuelle nécessaire pour traduire par un signal une sensation perçue.

Ce fait, pour avoir été d'abord signalé particulièrement par les astronomes, n'en a pas moins une très-grande généralité, et l'on peut dire que : Il s'écoule toujours un certain temps entre l'instant où un acte se produit et celui où un observateur attentif signale qu'il l'a perçu. Cette durée, qui sépare l'impression du signal de réaction, a été appelée *temps physiologique*. On doit des observations très-curieuses à M. Hirsch (de Neufchâtel), surtout à Donders et à ses élèves, sur les variations de ce *temps physiologique*.

Ainsi, le signal de réaction devant toujours être le même, par exemple un mouvement de main, on observe que ce signal est produit plus rapidement si l'irritation s'est exercée sur le sens de l'ouïe que si elle s'est exercée sur le sens de la vue, et plus vite encore, si c'est une irritation tactile. L'impression est-elle visuelle, la réaction de la main aura lieu après 1/5e de seconde ; si c'est une impression auditive, après 1/6e de seconde, après 1/7e de seconde si c'est une impression tactile. Les *temps physiologiques* sont donc entre eux comme les nombres 1/5e, 1/6e, 1/7e.

Mais cette durée de 1/7e de seconde qui s'est écoulée entre le moment où la peau a été irritée et celui où l'observateur a agité la main, cette durée correspond-elle seulement à un acte psychique ? Non. Il a fallu à l'impression sensitive le temps d'arriver au cerveau. L'acte cérébral de la perception et de la volition s'est alors accompli, puis il a fallu le temps que l'impression motrice arrive au muscle et détermine son mouvement. Et encore n'est-ce pas tout. L'impression, une fois produite, chemine dans le nerf avec une vitesse qui nous est connue; mais cette impression ne se produit pas instantanément : il lui faut le temps de se former, de se compléter, avant d'être en état de parcourir le nerf. Il ne suffirait donc pas de retrancher de la durée totale 1/7e de seconde, la durée de transport de l'agent nerveux sensitif et celle de l'agent nerveux moteur, pour conclure que le reliquat appartient à l'acte psychique. Ces expériences n'avaient pas encore de conclusion. Elles ne faisaient pas connaître la durée de l'acte cérébral, ni même si l'acte cérébral avait une durée.

M. Donders imagina, sur ces entrefaites, un procédé d'expérimentation destiné à lever tous les doutes. Il songea à compliquer l'acte cérébral, et l'augmentation du temps physiologique qu'on observerait devait évidemment mesurer la nouvelle opération intellectuelle intercalée.

Voici le plan d'une de ces expériences :

Premier cas. — L'observateur savait qu'un choc électrique

sur son pied droit ; le signal de réaction devait être par la main droite.

...ième cas. — L'observateur ne savait pas quel pied de... ...cevoir l'irritation, et il était encore tenu de donner le ... par la main du côté irrité.

...mps physiologique mesuré dans les deux cas fut plus ...ns le dernier, d'environ 1/15ᵉ de seconde. Il est clair, ...les autres conditions étant les mêmes, que la diffé... ...en question représente le temps nécessaire pour se ren... ...mpte de quel côté l'irritation avait eu lieu, et pour di... ...droite ou à gauche, conformément à la notion acquise, ... de la volonté. Par conséquent, la solution d'un ...e réduit à sa simplicité la plus grande est un acte ...al exigeant une durée de 1/15ᵉ de seconde.

...donc établi expérimentalement que l'*acte cérébral a une* ... On s'est assuré ultérieurement que cette durée aug... ...à mesure que l'acte psychique devient plus compliqué, ... diminue lorsque l'opération intellectuelle se simplifie. ...eu d'agir sur l'organe du toucher, on expérimenta ... sur des irritations visuelles. Voici le procédé :

...ier cas. — L'observateur devait exécuter un mouvement ... main droite dès l'apparition d'une lumière blanche.

...ième cas. — On employait une lumière blanche et une ...e rouge, et le signal de réaction devait être donné avec ... droite pour la lumière blanche, avec la main gauche ... lumière rouge. — Dans ces conditions, la solution du ...e exige un temps plus considérable.

...ontraire, en cas de stimulation auditive, le dilemme ...solu en moins de temps que pour le cas de la stimu... ...visuelle. L'auteur de ces recherches attribue cette su... ...té d'un sens sur un autre à une tendance née de l'ha... ...ou de l'exercice, et, de fait, l'exercice répété parvient ...ser l'action des deux mains.

... actes psychiques élémentaires que nous examinons ... pas encore atteint le dernier degré de simplicité, et, ... solution des dilemmes précédents, on peut distinguer ...pérations du cerveau :

... distinction entre des impressions différentes.

... volition d'un acte choisi parmi d'autres actes. Don... ...demanda s'il ne serait pas possible de déterminer sépa... ... le temps afférent à chacun de ces deux termes.

... approcher du but, voici l'expérience qu'il institua :

...ier cas. — Un observateur était prévenu que des voyelles ...t prononcées, et il avait ordre de reproduire aussitôt ...entendu.

...ième cas. — L'observateur, dans cette seconde phase, ...ait plus répondre qu'à une seule voyelle, l'*i* par exem... ...garder le silence pour toutes les autres. Son effort était ...out entier tendu vers la recognition de l'*i* : les parties ...pareil vocal étant mises dans la position appropriée, il ...ait plus qu'à pousser l'haleine pour rendre le son cor... ...dant. On comprend combien est simplifié, dans ces ...ons, le second terme de l'acte psychique. La volonté ... plus à s'appliquer à la production de tel son plutôt ... tel autre, réagit pour ainsi dire sans jugement préa... ...t le signal succède à un acte de volition aussi élémen... ...'on peut l'imaginer. On observa naturellement que ...pération réduite exige moins de temps que la première, ...de temps qu'il n'en faut pour répondre à chaque son ...lle par le son semblable ; et la différence correspond ... dont le cerveau se trouve alors dispensé...

Les considérations qui précèdent vous indiquent suffisamment quelle marche nous avons à suivre. Ayant à étudier la fonction de locomotion aérienne, nous examinerons dans son mode d'activité l'organe qui sert à l'accomplir, l'*aile*.

C'est par le mouvement de leurs ailes que les animaux se soutiennent dans l'air et s'y dirigent. Ils frappent l'air qui les environne à coups redoublés, et la réaction de ce fluide sur la surface qui le comprime sert à la propulsion du corps entier.

Le premier objet qui se présente à notre investigation sera de rechercher quelle est la fréquence de ces mouvements. Et d'abord nous nous occuperons de la fréquence des mouvements de l'aile chez les insectes.

Or, il se rencontre ici une première difficulté.

Les mouvements de l'aile sont tellement rapides dans la plupart des cas, que l'œil ne peut les compter ni les suivre. Il y a très-peu d'insectes qui aient le vol assez lent pour rendre possible cette détermination directe; parmi les plus vulgaires, nous citerons le papillon blanc qu'on rencontre fréquemment dans nos champs, la piéride du chou. Cet insecte dont le vol est saccadé, n'exécute guère plus de huit à neuf mouvements d'aile par seconde, tandis que les insectes dont le vol se dirige avec sûreté et sans saccades vers un but déterminé, exécutent en général plusieurs centaines de battements d'aile par seconde.

Ainsi le regard ne peut, dans le plus grand nombre des cas, suivre l'aile de l'insecte. On a la sensation d'un corps en mouvement, mais on n'aperçoit que les limites extrêmes de son excursion : il est vrai de dire que ces limites extrêmes sont vues avec une grande netteté.

Mais pour que l'observation soit facile, il faut que l'animal qui en est l'objet soit mis dans une situation favorable. On prendra, par exemple, un de ces Macroglosses qui servent fréquemment de sujets d'expérience à cause de la grosseur de leur taille et de la facilité avec laquelle on se les procure. On le piquera avec une épingle entre deux plaques de liége, afin qu'il ne puisse tourner en cercle autour de l'axe qui l'embroche, et que le seul mouvement de ses ailes soit entièrement libre. Alors, en se plaçant en face de lui, on apercevra deux lignes obliques qui marqueront les limites d'excursion de chacune de ses ailes, tandis que les positions intermédiaires continueront d'échapper à l'observation la plus attentive.

Il est à peine nécessaire de donner l'explication de ce fait. Toutes les fois qu'un corps animé de mouvement change sa direction pour revenir sur ses pas et parcourir en sens inverse le chemin qu'il a déjà parcouru, il arrive un moment où sa vitesse, avant de changer de ligne, devient nulle. Ce point de vitesse nulle, ce point mort, c'est la limite extrême de l'oscillation. C'est pourquoi l'impression a le temps de se produire avant que l'aile ait abandonné cette position limite; et, au moment où l'impression s'efface, l'aile a déjà eu le temps de faire une oscillation complète et de revenir à son point de départ, en sorte que la nouvelle impression se confondant avec l'ancienne, l'œil éprouve une sensation continue, résultant de la fusion de ces sensations intermittentes.

Mais puisque la méthode optique est impuissante à nous renseigner sur la fréquence des vibrations de l'aile, nous devons avoir recours à d'autres procédés. Je dois vous dire d'avance que le procédé graphique est de tous le plus exact ; du reste, vous serez juges des résultats qu'il nous donne. Cependant, avant d'aborder ce nouveau sujet, je ne puis me dispenser de vous dire quelques mots d'un moyen ingénieux

basé sur l'observation du son que produisent les insectes pendant leur vol, et que nous qualifierons de *méthode acoustique*.

Tout le monde a entendu les sons que produisent les insectes en volant. Si ces bourdonnements vibratoires sont dus aux battements de l'aile, et s'ils résultent de son va-et-vient alternatif, comme le son de l'anche résulte du va-et-vient d'une lame métallique, alors, en appréciant la tonalité du son, on connaîtra le nombre de vibrations pendulaires auxquelles il correspond; en un mot, on connaîtra la fréquence des battements. Il suffira pour cela d'un monocorde, d'un piano, d'un diapason, avec lequel on prendra l'unisson du son produit par l'insecte. Cette méthode serait très-concluante si le principe sur lequel elle repose était admis sans conteste.

Mais sur ce point il y a débat entre les naturalistes.

On peut d'abord mettre à part un certain nombre de sons qui bien certainement ne sont pas produits par le fonctionnement des ailes. Certains coléoptères, par exemple, produisent des sons en frottant les derniers arceaux supérieurs de leur abdomen contre leurs élytres. Th. Lacordaire cite, parmi les insectes qui jouissent de cette propriété, les nécrophores, les copris, les scarabées exotiques, et enfin une foule de lamellicornes étrangers à l'Europe. Presque tous les longicornes font entendre un son grave en frottant le pédoncule de leur mésothorax contre le prothorax, dans lequel il s'emboîte. Certains cicindélètes, l'*Oxycheila tristis*, des mélasomes, le *Cacicus americanus*, frottent leurs cuisses ou leurs jambes postérieures contre les bords latéraux des élytres, et engendrent de cette façon un bruit particulier. Ollivier, dans le tome Ier de son *Entomologie*, cite la femelle d'un insecte du cap de Bonne-Espérance, la *Moluris striata*, qui appelle son mâle en frottant contre des objets étrangers une élévation granuleuse qu'elle porte au-dessous du second segment de son abdomen. Enfin, chez les grillons, une partie des ailes antérieures, plus mince que le reste, forme une espèce de tambour ou de tympan : une des nervures qui traversent ce tambour est armée de dentelures sur lesquelles frotte, pendant le mouvement alternatif des ailes l'une sur l'autre, le bord saillant de l'aile opposée, de manière à faire résonner le tambour et à produire les sons que tout le monde connaît.

Il est bien entendu que dès à présent nous éliminons tous ces sons qui tirent évidemment leur origine d'une tout autre cause que le mouvement des ailes. Il y a au contraire un grand nombre d'autres cas où le bourdonnement de l'insecte est manifestement produit par le battement des ailes.

Chabrier et Lacordaire rapportent que l'on a pu détruire une portion des ailes d'un insecte sans que le bruit ait cessé par suite de cette ablation : « A mesure qu'on retranche de » nouvelles portions de ces organes, le son devient plus aigu, » et il s'affaiblit sensiblement lorsqu'on n'en laisse qu'un tron- » çon. Si l'on enlève ce dernier, ce qui ne peut se faire sans » une dilacération considérable des muscles qui l'attachent » au thorax, le bourdonnement cesse entièrement. »

Si, conclut l'auteur, le bourdonnement était entièrement dû aux ailes, on ne pourrait retrancher impunément les trois quarts de ces organes. — Cette objection confirme l'hypothèse qu'elle a la prétention d'ébranler. En effet, puisque le son s'élève à mesure que l'aile vibrante diminue de longueur, ce phénomène n'est-il pas entièrement comparable à celui que l'on observe lorsqu'on vient à raccourcir une verge vibrante et sonore ? La modification imprimée au son étant la même dans l'un et l'autre cas, le mécanisme de sa production ne doit pas être identique ? Au moins, les choses ne se passeraient pas autrement si la vibration alaire était bien réellem[...] cause du bourdonnement entendu.

Les auteurs que nous venons de citer ont indiqué une autre cause à ce phénomène acoustique : ils l'ont attril[...] l'air qui entrerait dans les trachées et qui en sortirait ra[...]ment, mettant en vibration les petits organes écailleu[...] entourent la base des stigmates. Et ils citent à l'appui de [...] manière de voir ce fait, que le bourdonnement cesse au[...] si l'on vient à enduire de gomme la surface du corps de [...]mal et à empêcher ainsi l'accès de l'air dans les canaux [...]piratoires. Les lèvres des stigmates se comporteraient comme se comportent chez les animaux supérieurs les l[...] de la glotte ; et le bourdonnement de l'insecte serait une *véritable*. Quelle que soit la fortune de cette explication, [...]sultat qu'il nous faudra retenir sera toujours le même. Nou[...]rons en effet que, dans le mouvement de l'aile, il sembl[...] avoir qu'une seule période active, celle de l'abaissement [...] le relèvement se fait en vertu de l'élasticité des pièces du [...]rax fortement tendues par la contraction des muscles a[...]seurs. En même temps que se produit cette tension, le vo[...] du thorax se trouve amplifié, et l'appel de l'air est le ré[...] immédiat de cette ampliation de volume. L'air doit donc e[...] et sortir des trachées à chaque battement; et les vibratio[...] son produit (qu'elles proviennent de la membrane alair[...] des stigmates) correspondent exactement aux mouvemen[...] l'aile.

Le phénomène acoustique, s'il n'est pas la conséquen[...] frémissement des ailes, est au moins un phénomène synch[...] à celui-là ; il peut donc nous renseigner dans tous les ca[...] la fréquence des battements.

Lorsqu'on observe le bourdonnement d'un insecte qui [...] avec une rapidité uniforme, on s'aperçoit que la tonalit[...] reste pas la même ; quand l'insecte se rapproche de l'or[...] la tonalité s'élève : elle s'abaisse quand il s'éloigne. Il se [...] quelque chose d'analogue lorsqu'on fait rapidement p[...] devant l'oreille un diapason en vibration : le son rendu s'é[...] puis s'abaisse, et la différence peut atteindre un quart d[...] et même un demi-ton. Il faudra donc avoir soin que l'in[...] sur lequel on expérimente soit toujours à la même dist[...] de l'observateur. Ce phénomène perturbateur ne présen[...] reste aucune difficulté d'interprétation ; l'acousticien [...]mand Pisko l'a parfaitement expliqué. Sans doute, les vi[...]tions se reproduisent toujours après le même intervall[...] temps ; lorsque la lame vibrante reste à la même distan[...] l'oreille, il leur faut le même temps pour y parvenir, [...] phénomène, uniforme pour l'instrument, est uniforme [...] pour notre organe. Au contraire, si l'instrument se rappr[...] brusquement, la vibration qui se produit à cet instant a r[...] de chemin à parcourir pour venir frapper notre tympan [...] est donc plus rapprochée de celle qui la précède, et le [...] gagne en acuité. Si l'instrument s'éloigne, les vibrations [...]pacent davantage et le son devient plus grave. Tout le m[...] a pu remarquer, en voyageant en chemin de fer, qu[...] une locomotive marchant en sens inverse passe en sif[...] l'acuité du son de cette locomotive s'élève tant que la [...]chine se rapproche, et le son devient plus grave quand le [...]sement s'est effectué et que le sifflet s'éloigne rapider[...]

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈ[...]

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE NUMÉRO 5 2 JANVIER 1869

Paris, 1er janvier 1869.

Le ministre de l'instruction publique vient de publier un long rapport sur l'enseignement supérieur. Ce n'est pas une œuvre personnelle, mais un travail administratif contenant le résumé des dernières améliorations obtenues et de celles que le ministère voudrait réaliser encore. On y remarque, du reste, en certains endroits, les traces de l'inexpérience de l'administration pour ce qui touche les sciences. Voici, par exemple, comment la médecine y est définie : « Lorsque la physique, la chimie, l'histoire naturelle, ou plus simplement les *sciences physiques*..., s'occupent de l'homme en tant qu'être vivant, qu'elles étudient sa structure et tous les phénomènes qui se passent au sein de ce merveilleux organisme, *soit à l'état sain*, soit à l'état pathologique, *elles* constituent la médecine. »

Le ministre revient d'abord sur l'École pratique des hautes études dont la *Revue des cours scientifiques* a déjà eu l'occasion de parler lors des décrets qui l'ont établie (tome V, p. 585, 15 août 1868). Il se félicite du grand nombre des élèves inscrits (169 pour les sciences physiques et naturelles), et insiste sur les examens auxquels sont soumis les candidats. Ces examens sont-ils, pour tous les laboratoires, aussi sérieux que paraît le croire le ministre? Il est permis d'en douter et de se demander même s'ils ont eu lieu partout. L'expérience du passé montre qu'on a souvent admis tout le monde sans s'inquiéter des aptitudes, de l'âge, ni même des dimensions du local, et le titre d'École pratique des hautes études mis en tête d'une affiche n'a pas eu, qu'on en soit sûr, la vertu de tout transformer. Autrefois ce libéralisme exagéré n'avait d'autre inconvénient que de stériliser un laboratoire. Aujourd'hui c'est beaucoup plus grave, puisqu'on a conféré aux professeurs de l'École des hautes études le droit de donner les grades universitaires, sans l'intervention des facultés, à ceux de leurs élèves que la prudence, sans doute, écarterait des épreuves ordinaires. Nous avons montré déjà que ce droit serait exercé dans bien des cas par une seule personne, sous le couvert d'un conseil incompétent, et la constitution définitive des conseils de l'École pratique n'a point démenti nos prévisions.

Le rapport énumère dix-sept laboratoires établis pour la nouvelle école. A cet égard, le ministre a fait tout ce qu'il pouvait, et il y aurait injustice à méconnaître le parti qu'il a su tirer bien souvent d'un budget si étranglé par ses puissants voisins. Mais il n'en faut pas moins rabattre un peu sur les résultats acquis : plusieurs des laboratoires indiqués sont tout au plus suffisants pour les recherches personnelles du professeur; d'autres existaient avant l'École des hautes études et ne lui doivent rien ou peu de chose. La principale création réellement nouvelle, c'est le laboratoire de chimie minérale qui s'élève à la Sorbonne. Quant au laboratoire de chimie physiologique à l'École normale, sa construction marche bien lentement, sous le prétexte de la maladie de son chef, M. Pasteur.

Le ministre lui-même cite les aquariums privés d'Arcachon, du Havre et de Boulogne, qui offrent déjà aux sciences naturelles des laboratoires plus grandioses et plus féconds pour l'étude de la vie. Il aurait pu rappeler aussi celui de Concarneau. Pourquoi ne pas favoriser par des subventions convenables le développement scientifique de ces établissements et l'organisation d'autres établissements du même genre? Aucune dépense ne serait plus utile à l'étude de l'histoire naturelle. Mais il n'est pas nécessaire pour cela de subordonner ces établissements à l'École des hautes études. La liberté est le premier besoin de la science.

L'établissement d'un observatoire central de physique et de météorologie distinct de l'Observatoire d'astronomie est un bienfait que la science française ne devrait plus avoir à souhaiter depuis longtemps. L'Angleterre, la Prusse, l'Autriche, la Russie, l'Italie, le Portugal, la Suède, la Norvége, les États-Unis, toutes les républiques de l'Amérique centrale et méridionale, etc., toutes les nations enfin, possèdent des établissements de ce genre. La Turquie elle-même vient d'en établir un, il y a quelque temps, à Constantinople. La France seule n'en a point !.... Aujourd'hui la ville de Paris donne un terrain et un bâtiment dans le parc de Montsouris; mais pour les instruments et le personnel, il faut encore attendre un vote du Corps législatif. Le ministre a nommé tout de suite la commission chargée d'organiser cet observatoire; elle est composée de MM. Ch. Sainte-Claire Deville (de l'Institut), professeur au Collége de France, président; Marié-Davy, astronome à l'Observatoire; Hervé-Mangon, professeur au Conservatoire des arts et métiers; Véron Belle-Cour, capitaine de frégate; Renau.

Un observatoire central de météorologie, c'est bien, mais c'est loin d'être assez; il faut en établir plusieurs dans les différentes régions climatériques de la France. L'Angleterre en possède un grand nombre qui ont presque tous une installation grandiose. Il faut aussi instituer un large enseignement de la météorologie. Pourquoi le Collége de France, à côté de la chaire de physique générale, — si rarement occupée quand elle ne trouve pas de suppléant, — n'a-t-il pas une chaire de physique du globe et de météorologie ? Le Collége de France doit surtout ouvrir ses portes aux sciences nouvelles en voie de formation, et, à ce point de vue, nulle n'a plus de titre que la météorologie pour y être représentée.

CONGRÈS INTERNATIONAL D'ARCHÉOLOGIE PRÉHISTORIQUE

SESSION DE NORWICH

Compte rendu

SOMMAIRE. — L'anthropologie préhistorique. — Les quatre âges antéhistoriques. — Les races préhistoriques étudiées à l'aide des tribus sauvages modernes ; rites funéraires. — Cercles de pierre, *cists* et roches sculptées en Écosse. — Sculptures celtiques d'Angleterre. — Pierres levées : tombes ou temples ? — Roches sculptées. — Antiquités des îles du Pacifique ; leur âge. — Pierres taillées trouvées au cap de Bonne-Espérance. — Crânes et ossements humains en Portugal. — Les légendes des archers. — Kjökkenmöddings maritimes d'Angleterre. — Division et distribution géographique, relations et origine des races humaines : australoïde, négroïde, mongoloïde, xanthocroïde. Discussion de cette division nouvelle. — Crânes de Gibraltar et du Périgord. — Sépultures romano-bretonnes et anglo-saxonnes en Angleterre. — Fabrication des instruments de pierre aux époques préhistoriques. — Sépulcres préhistoriques de l'Algérie et de la Bretagne. — Découverte de haches de quartzite à Madras. — Anciens instruments de pierre du Japon et de la Chine. — Mammifères associés à l'homme préhistorique ; diverses périodes. — Les défenses du mammouth. — La chèvre et le mouton. — Les monuments *ogham* en Irlande. — Les collections préhistoriques du *British Museum*. — La prochaine réunion du congrès à Copenhague.

Depuis quelques années on a vu se fonder une science nouvelle qui s'est donné pour mission de scruter les origines obscures de l'humanité, en s'appuyant sur des méthodes positives ; de déchirer le voile de la mythologie pour lui substituer un tableau plus fidèle de la filiation de nos races, et de rattacher enfin le passé de l'homme au passé de la terre. Comme sa sœur aînée, la géologie, à laquelle elle a emprunté la plupart de ses méthodes de recherches, la paléo-ethnologie a eu à soutenir des luttes obstinées et elle a dû vaincre bien des oppositions systématiques ; comme elle aussi, elle est sortie triomphante de ces épreuves. Aujourd'hui, cette jeune science a réuni tant de fervents adeptes et recueilli une si belle moisson d'observations, que ses publications, qui forment déjà toute une bibliothèque, ne suffisent plus à la rapidité de ses progrès, et qu'il lui a fallu des assemblées annuelles où, des quatre parties du monde, on pût venir discuter les faits nouveaux, échanger les idées fécondes, et proclamer les progrès accomplis. C'est à la réunion des naturalistes italiens tenue à la Spezzia, en 1865, que, préoccupés de ce besoin, quelques savants proposèrent de fonder un *congrès international paléo-ethnologique*, qui se réunirait d'abord en Suisse, puis irait, les années suivantes, porter de pays en pays le goût des études préhistoriques. La première session de ce congrès se tint en 1866, à Neufchâtel, sur les bords de ce lac dont les eaux recouvrent tant de merveilleuses reliques des *habitations lacustres*. La deuxième s'est tenue à Paris, l'année suivante, c'est-à-dire l'année même où l'Exposition universelle facilitait la réunion dans notre capitale des savants de tous les pays et de leurs matériaux d'étude.

Ceux qui ont assisté à cette dernière session savent combien les réunions du *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques*, tenues à l'École de médecine, furent nombreuses, brillantes et instructives. Ce qui leur donnait une importance que peut-être elles ne retrouveront pas de longtemps, c'est le nombre des savants étrangers qui s'y étaient donné rendez-vous avec nos principaux naturalistes, archéologues et historiens. Il suffit, pour en donner une idée, de citer les noms de MM. Lyell, Franks, pour l'Angleterre ; Nilsson, Loven, pour la Suède ; Worsaae, Schmidt, pour le Danemark ; Virchow, Geinitz, Schaaffhausen, Schlagintweit, etc., pour l'Allemagne ; Dupont pour la Belgique ; Villanova pour l'Espagne ; Cornalia, Issel, Foresi, pour l'Italie ; Carl Vogt, Desor, Clément, pour la Suisse ; Abdulla-bey pour la Turquie ; Figari-bey pour l'Égypte ; Butler pour l'Amérique du Nord ; Squier pour l'Amérique centrale ; Continho, da Silva, pour l'Amérique du Sud ; et bien d'autres encore, dont les noms nous échappent. C'est devant une pareille assemblée que M. Carl Vogt a pu s'écrier : « Aujourd'hui, en présence des nombreux adhérents de tous » les pays qui se trouvent réunis à nos séances, nous pouvons » dire que le germe si modeste semé à la Spezzia, et trans- » planté à Neufchâtel, a grandi au milieu de la lutte, qu'il a » poussé de fortes racines, et qu'un tronc majestueux va éle- » ver sa couronne portant des feuilles et des fruits. » C'était en effet le couronnement des idées nouvelles relatives à l'antiquité de l'homme.

La troisième session, sous le titre de *Congrès international d'archéologie préhistorique*, a été tenue cette année même à Norwich, en Angleterre, en même temps que l'Association Britannique, cette grandiose institution scientifique dont le président, M. Hooker, a accueilli les membres du congrès par les chaleureuses et bienveillantes paroles qu'on a déjà pu lire dans les colonnes de cette *Revue* (1).

SÉANCE INAUGURALE A NORWICH. — ADRESSE DU PRÉSIDENT. — Devant une assemblée nombreuse réunie dans la salle de lecture de la bibliothèque publique de Norwich, sir John Lubbock, président, inaugure la session par un discours sur la possibilité d'établir une chronologie positive dans les temps préhistoriques. Après avoir dit quelques mots sur les sessions précédentes du congrès, le président, se tournant vers le professeur Nilsson, ce vénérable antiquaire du Nord, le cite, aux applaudissements de l'assemblée, comme une preuve que ni l'âge ni la distance n'empêchent un homme de science d'assister à ces réunions. Passant ensuite à un devoir plus pénible, il rappelle les pertes que cette jeune science a déjà faites, et cite les noms de Boucher (de Perthes) et de John Crofton. Le président aborde enfin le sujet principal de son discours, savoir, la distinction des quatre âges préhistoriques : 1° l'*âge paléolithique*, ou de la pierre taillée ; 2° l'*âge néolithique*, ou de la pierre polie : ces deux premiers formant, par leur réunion, l'âge de la pierre ; 3° l'*âge du bronze* ; 4° l'*âge du fer* : ces deux derniers se groupant pour former l'âge des métaux. Le duc d'Argyle a récemment critiqué cette terminologie, en se basant sur ce fait que, les Esquimaux et les insulaires des mers du Sud en étaient encore, à notre époque, à l'âge de pierre, et en faisant remarquer que ces divers âges ont pu exister en même temps chez des peuples qui étaient parvenus à des degrés différents de civilisation. M. Lubbock cite plusieurs passages de ses écrits qui le justifient en prouvant qu'il a fait les réserves réclamées par le duc d'Argyle, et qu'on emploie le terme d'ère de pierre comme les historiens se servent de celui d'ère chrétienne pour désigner des âges où chrétiens et païens ont cependant vécu côte à côte. Sir John Lubbock passe ensuite à l'étude de ces quatre divisions.

L'*âge paléolithique* se manifeste par la présence, en France et en Angleterre, d'instruments grossiers de pierre simplement taillés dans des couches de graviers fluviatiles fort anciennes, où l'on a également découvert des restes très-nombreux d'animaux, comprenant la presque totalité des espèces de l'ancienne Europe, et de plus quelques espèces qui se sont complétement éteintes ou qui ont abandonné ces régions. Tels sont le mammouth, le rhinocéros velu, l'ours des cavernes, le

(1) Voyez notre tome V, pages 634 et 641, 5 septembre 1868.

uvage, le glouton, le bœuf musqué, l'hippopotame, etc.
iéolithique est surtout représenté en Suisse et en Da-
On y observe des pierres polies et des poteries. L'élé-
rhinocéros et le renne ont déjà disparu. Les métaux
encore fait leur apparition. En effet, dans les cham-
lcrales des tumuli, on trouve une centaine d'instru-
silex, sans y rencontrer un seul objet de métal.
kjökkenmøddings, ces amas de coquilles et de rebuts
épars sur les côtes du Danemark, on a trouvé des
le silex taillés et point de traces de métal. En Suisse,
s vestiges des anciennes habitations sur pilotis qui
aintenant sous les eaux des lacs, on a pêché par mil-
instruments de pierre, et l'on y a compté jusqu'à
ents haches portant des traces d'usure, dont quel-
s, après avoir été brisées, ont été polies de nouveau
faire resservir.
passe à l'âge des métaux, et d'abord à l'*âge du bronze*,
dans les tumuli et dans les villages lacustres de la
preuve qu'il est très-nettement distinct du précé-
effet, si la connaissance des métaux s'était peu à peu
e dans ces régions, l'âge du bronze eût été précédé
du cuivre, puisque le premier de ces métaux est un
u second. Or, dans l'Europe occidentale, sur mille
nts de bronze, on en trouverait à peine un de cuivre.
u expliquer la présence de villages lacustres de l'âge
e, à côté de villages de l'âge de la pierre, en suppo-
les premiers étaient habités par des populations
les seconds par des peuples pauvres ; mais les instru-
bronze ne dénotent point par leurs destinations une
nte, et l'on ne pourrait d'ailleurs concevoir com-
riches populations n'auraient pas laissé quelques
leur industrie métallurgique chez leurs pauvres

ple de l'âge du bronze était beaucoup plus avancé
de l'âge de la pierre. Les poteries sont plus fines et
ents plus soignés.
u fer se sépare aussi du précédent par un ensemble
s négatives. L'or, l'argent, le plomb, le zinc, que les
des Alpes connaissaient à l'époque romaine, sont
onnus aux peuples de l'âge du bronze. En raison de
tés exceptionnelles, le fer a dû se substituer au
s qu'il a été connu ; on trouve cependant des armes
oignée est de bronze, tandis que la lame est de fer,
ieu de croire que le bronze a pu servir à utiliser le
s premiers temps de son introduction.
ant cet exposé par quelques exemples numériques,
ck dit qu'à Wangon, en Suisse, on a trouvé 1600 ob-
erre et des instruments d'os, sans bronze ni fer ; à
r le lac de Neufchâtel, 368 instruments de pierre,
quels figuraient 33 haches, et 2004 objets de bronze
étaient des ornements ; à Marin, sur le même lac,
hachettes de l'âge de la pierre, quelques ornements
u bronze, et 250 instruments de fer dont 100 orne-
Nydaun, dans le Sleswig, 500 lances, 30 haches,
ux, 8 épées, le tout de fer sans la moindre trace de

ident s'excuse de n'avoir pu présenter la science des
historiques que sous un seul de ses aspects. Il con-
dressant un chaleureux appel aux amis de cette
ur les engager à préserver les reliques des temps
i disparaissent aussi vite que les races sauvages actuelles, et il insiste sur la nécessité d'étudier au plus vite ces dernières avant que la civilisation leur ait fait perdre les caractères qui peuvent nous aider à comprendre les conditions de l'humanité primitive.

L'assemblée procède ensuite à la nomination du bureau (1); après quoi le duc de Buccleugh propose un vote de remercîment au président, vote qui est appuyé, selon la coutume anglaise, par deux des membres du bureau, MM. Evans et Tylor, puis voté par acclamation par l'assemblée.

DEUXIÈME SÉANCE. — Le lendemain, sir John Lubbock, président, ouvre la deuxième séance en donnant la parole à M. TYLOR, l'auteur de *Early History of Mankind*, pour la lecture d'un mémoire intitulé : *L'état des races préhistoriques déduit de l'étude des tribus modernes de sauvages*. M. Tylor s'attache à montrer la similitude des conditions de vie des sauvages des temps préhistoriques avec les sauvages modernes. Il poursuit cette similitude non-seulement sur le terrain de l'industrie et des coutumes, mais encore sur celui des croyances religieuses. Il trouve dans les rites funéraires des peuplades préhistoriques le témoignage de cette croyance à une seconde vie et aux esprits, qui règne encore de nos jours chez les sauvages.

Comme les barbares historiques de la Scythie et les sauvages actuels, les peuples préhistoriques enterraient auprès du cadavre de leurs chefs, des femmes, des esclaves, des armes, des parures, des instruments et des aliments. C'était pour que l'esprit du mort pût les avoir encore à sa disposition pendant la vie nouvelle qui allait commencer pour lui.

La destination de ces offrandes n'est pas toujours facile à comprendre. Comment expliquer, en effet, la présence, près d'un cadavre, d'une tête de chien, ainsi qu'on l'a constaté dans un tumulus de la Suède? On peut, avec M. Nilsson, rapprocher ce fait de la coutume qu'ont les Esquimaux d'enterrer un chien auprès de leurs enfants, afin que le fidèle quadrupède puisse les guider jusqu'à la terre des esprits ; mais il est permis également de supposer qu'on a voulu conserver au mort sa vie nouvelle la possession d'un animal qui lui a servi pendant sa vie passée. En général, on peut dire que si les aliments sont séparés du corps et peuvent être atteints du dehors, ils sont destinés à l'esprit qui est censé hanter la sépulture et se nourrir de l'essence de ces offrandes. S'ils sont disposés comme un cortége ou comme une réserve de provisions, ils doivent lui servir d'escorte et d'approvisionnements pour le long voyage qu'il fera jusqu'à la terre lointaine des esprits. Mais cette suite pourra encore servir au mort pendant sa nouvelle vie, et la prévoyance va jusqu'à le doter d'une sorte de fonds de propriété ou de capital, tel que les prodigieuses accumulations de bijoux, meubles et aliments qu'on enterre lors des funérailles d'un roi de Siam. Dans tous les cas, des offrandes de ce genre impliquent chez les races préhistoriques l'existence de la croyance aux esprits, si répandue de nos jours chez les sauvages.

— Après une intéressante discussion, à laquelle prennent part MM. Vogt, Tylor, Brownfield, Jessup, Stevens, le secrétaire général donne lecture de trois communications de M. JOHN

(1) Ce bureau est ainsi composé : *Président*, sir John Lubbock ; *vice-présidents*, MM. Broca, Huxley, Lyell, Nilsson, Tylor, Carl Vogt ; *secrétaire général*, colonel Lane Fox ; *secrétaires anglais*, Bruce Foote, Hughes ; *secrétaires étrangers*, Louis Lartet, Waldemar Schmidt ; *conseil*, Hooker, Busk, Hunt, Evans, Franks, Flower.

STUART, relatives aux *cercles de pierre*, aux *tombes de dalles brutes* (*cists*) et aux *roches sculptées trouvés en Écosse.*

M. Stuart considère tous les groupes de pierres levées comme des monuments funéraires, à cause des nombreuses excavations qu'on trouve dans leur voisinage. Ils ont peut-être eu en même temps une autre destination; mais, à cet égard, il règne une complète incertitude. Les grands et les petits cercles de pierre sont de même origine et de même destination, tout comme les grands et les petits tombeaux. Quant aux *cists* (tombes faites de dalles de pierre) découverts dans l'Aberdeenshire, près d'Inverury, à Bishop-Mill, près d'Elgin, à Edderton, dans le Rossshire, ils renfermaient des squelettes, des urnes, des ossements calcinés et des fragments de silex. Bien que les corps ensevelis dans ces tombes n'aient pas été brûlés, on rencontre des fosses remplies de charbons et de matières brûlées qui paraissent se rattacher à ces groupes de *cists*. On a également trouvé sur certains points de grandes urnes remplies de fragments d'os humains et de débris osseux d'animaux, tels que le mouton, etc.

Partout en Écosse, on trouve des exemples d'incinération des corps dans les cercles de pierre, dans les cists isolés, et dans les groupes d'urnes, ce qui prouve que cet usage funéraire s'est longtemps continué.

Quant aux sculptures que portent les pierres levées et les dalles dressées de l'Écosse, l'auteur les considère comme d'une date antérieure à l'ère chrétienne.

Ces conclusions soulèvent une discussion dans laquelle MM. Simpson, Flower, Tylor, Loess, Stevens, prennent successivement la parole.

— Sir James Simpson, l'auteur d'un ouvrage sur ce sujet, intitulé : *British archaïc Sculpturing*, rappelle les idées qu'il a émises sur les sculptures dont il vient d'être parlé, et ajoute qu'il les considère comme celtiques ou préceltiques.

— M. LEWIS lit ensuite un travail sur les *Sarsden-stones*, dans la vallée du White-Horse, en Berkshire. Ces pierres levées sont disposées en lignes irrégulières sur 600 yards de longueur et 300 de largeur. Elles rappellent les alignements de Carnac et des Shetlands. Quand on considère la ressemblance qu'offre leur disposition avec celle des pierres plus petites qu'on emploie dans l'Inde pour les sacrifices, on a peine à comprendre que ces deux ordres de monuments puissent être l'œuvre de deux races complétement étrangères l'une à l'autre, et avoir des destinations différentes.

— M. Stevens considère les alignements de pierres levées comme des temples et non comme des tombes, et, à l'appui de ce que vient de dire M. Lewis, il fait ressortir l'analogie offerte par la disposition des pierres levées de *Stonehenge*, près de Salisbury, avec celle des pierres du Deccan, dans l'Inde.

Une nouvelle discussion s'élève sur ce sujet; MM. Tylor, Flower, Hughes et James Simpson y prennent part.

— Sir JOHN LUBBOCK, président, croit devoir à son tour exprimer son opinion *sur l'âge et la destination des pierres levées de Stonehenge*. Tout en conservant un caractère sacré, cet endroit pouvait bien, comme l'a dit sir James Simpson, n'être pas consacré au culte. Dans tous les cas, l'érection de ces pierres ne peut être attribuée aux druides. Le nom de Stonehenge, «place des pierres», n'a pu être donné à cet emplacement que par des peuples qui ignoraient l'origine et la destination de ces monuments; sans cela ils leur eussent donné une désignation plus explicite. On ne sait à quel peuple en attribuer la construction. Cependant, comme à trois ou quatre milles de là, on rencontre groupés trois ou quatre cents tumuli de l'âge du bronze, il est probable que c'est à cet âge qu'appartiennent les pierres levées de Stonehenge.

— M. HODDES-WESTROPP, après avoir décrit plusieurs exemples de *roches sculptées trouvées dans diverses parties du monde*, fait ressortir l'étroite analogie qu'elles présentent entre elles, e déclare ne pouvoir les attribuer aux Phéniciens, comme on l'a fait pour celles de la Scandinavie, puisqu'on n'en trouve point en Phénicie, et que d'ailleurs ces peuples n'ont pu les aller répandre en Amérique. L'homme primitif devait avoir, comme le sauvage actuel, le talent d'imitation et les patients amusements de l'enfant qui passe des heures entières à racler et à entailler un bâton, à construire des miniatures de murs et de maisons, et à tracer des dessins sur le sol. Les sauvages actuels mettent des années à sculpter leur massue ou à polir leur hache de pierre.

Il est donc naturel d'attribuer ces sculptures à des peuples pasteurs qui, pour supporter l'oisiveté des longues journées passées à garder leurs troupeaux, s'amusaient à représenter sur les roches le soleil, la lune, les objets et les animaux du voisinage. Peut-être que ces sculptures n'appartiennent pas toutes à cette phase pastorale de l'humanité, et que les plus grossières sont dues aux peuples chasseurs, qui ont dû précéder les peuples pasteurs.

— A la suite de ces intéressantes communications sur les pierres levées et les roches sculptées de l'Écosse et des autres pays, le secrétaire général lit une note de M. J. W. LAMPREY *sur les antiquités des îles du Pacifique et de la mer du Sud.*

L'auteur attribue une haute ancienneté aux idoles, statues et monuments qui font l'objet de ses descriptions, car si elles étaient dues aux ancêtres des insulaires actuels, ces derniers auraient singulièrement dégénéré; d'ailleurs, ils n'ont conservé aucune tradition relative à l'origine de ces monuments.

— M. Huxley, ayant pu constater, en lisant les relations des voyageurs, que ces insulaires savaient très-bien élever de grands monuments, et tailler avec leurs haches de pierre les roches de coraux d'où ils tirent leurs matériaux, ne croit pas que ces monuments soient fort anciens. Quant à la perte de tout souvenir se rattachant à leur destination, il ne faut pas s'en étonner chez des peuples que désolent la guerre et la famine.

Après quelques observations de MM. Hooker, Campbell et Stevens, le président se rallie à l'opinion de M. Huxley, et lève ensuite la séance.

TROISIÈME SÉANCE. — EXCURSION PROJETÉE. — Ce jour-là, le congrès devait se rendre dans la vallée de la petite Ouse, afin d'y étudier sur place les couches du drift fluviatile quaternaire, et de les poursuivre jusqu'à Thetford, où l'on y a rencontré des silex taillés de main d'homme. La pluie, qui ne cessait de tomber, a rendu cette excursion impossible, et les membres du congrès ont été en conséquence invités à se réunir en séance sous la présidence de M. Tylor, vice-président.

— M. BUSK a présenté au congrès des *pierres taillées trouvées près du cap de Bonne-Espérance, en Afrique.* Ces grossières ébauches d'instruments offrent la forme de têtes de flèches et de grattoirs; elles sont constituées par des roches qui fournissent les galets de la plage. On les a trouvées à cinq milles environ de Cape-town, enfouies dans des sables

mouvants qui leur ont donné un beau poli, et associées à des fragments de poteries, ainsi qu'à des pierres rondes destinées à écraser le grain. Ce dernier usage paraît être inconnu aux Hottentots qui vivent dans cette région. M. Busk tient ces objets de M. Dale, qui les lui a envoyés il y a quelques mois. Il cite à l'appui de l'authenticité de cette découverte une lettre de M. Baines, qui avait déjà vu, dès 1855, quelques-unes de ces têtes de flèches chez M. Layard, conservateur du musée de Cape-town.

— M. Evans constate que ces instruments sont de simples éclats de quartzite et de jaspe, parfois retaillés sur les bords, et qui ont pu servir de têtes de lances ou de têtes de flèches. Les prétendus grattoirs lui paraissent être des formes purement accidentelles; l'une des pierres pourrait avoir servi à faire du feu. Les pierres à broyer ont pu servir à écraser non-seulement des grains, mais encore des racines; enfin, les poteries sont assez bien faites et convenablement dégraissées avec des grains de quartz.

— Après quelques observations de MM. Lawson Tate, Busk et Tuman, M. Tylor insiste sur l'importance de cette découverte qui fait rentrer l'Afrique dans la loi commune, en la dotant d'un âge de pierre dont jusqu'à ces dernières années on l'avait crue dépourvue. Quant aux races auxquelles on peut attribuer ces instruments, si ce ne sont les Hottentots, pourquoi ne seraient-ce pas les Zulu ou les Kaffirs, qui se nourrissent de grains et fabriquent des poteries; la pierre qu'on suppose avoir été destinée à faire du feu lui paraît trop petite et trop légère pour avoir servi à cet usage. Les Kaffirs et les Zulu se contentent, pour obtenir du feu, de faire tourner entre leurs mains un bâton qu'ils appuient contre du bois sec, sans augmenter le frottement par le poids d'une pierre pesant sur le bâton.

— M. Evans fait ensuite remarquer que, bien que les Égyptiens aient été de tout temps en relation avec les tribus de l'intérieur de l'Afrique, le fer n'apparaît chez eux que sous la onzième dynastie. En rapprochant ce fait du témoignage d'Hérodote, qui mentionne les lances armées de pointes d'os et de pierre des soldats éthiopiens de l'armée de Xerxès, on est forcé d'admettre que l'Afrique a dû passer par un âge de pierre plus ancien que l'âge du fer.

— Après une courte discussion, à laquelle prennent part MM. Fox, Busk et Tylor, le président revient sur ce qu'il a dit précédemment, et attribue décidément aux Hottentots l'usage des instruments présentés par M. Busk.

La discussion continue alors entre MM. Waddington, Busk, Howorth, Simpson, Fox, Evans, Waldemar Schmidt et Stevens.

— M. Boyd Dawkins met ensuite sous les yeux du congrès des *crânes et ossements humains trouvés associés à des poteries, à des haches et autres pierres travaillées, dans des cavernes du Portugal*, par M. Delgado, qui rapporte ces objets aux temps préhistoriques.

M. Boyd Dawkins voit dans les circonstances de cette découverte les preuves que ces débris étaient les restes d'un festin de cannibales.

A la suite de cette communication, MM. Busk et Howorth présentent quelques observations, et M. Evans constate que l'une des haches polies est de fibrolite, et que les amulettes de pierre portent les ornements en zigzag caractéristiques de l'époque du bronze.

— L'assemblée écoute ensuite la lecture d'une note de M. Heywood *sur les légendes des anciens archers*, qui, pour être fort intéressante, n'en constituait pas moins un véritable hors-d'œuvre. L'auteur considère la légende de Guillaume Tell et de la pomme comme fort ancienne, originaire de l'Asie, et introduite dans l'histoire de l'émancipation des cantons suisses par un historien qui a voulu simplement colorer son récit avec cette anecdote.

— Après cette singulière communication, qui se rapportait au moyen âge plutôt qu'aux temps préhistoriques, ainsi que l'a fait remarquer M. Evans, M. Ellis signale la découverte de *silex taillés mêlés à des coquilles et à des restes de mammifères dans la forêt submergée de Barnstaple*, dans le nord du Devonshire, et il donne de ce gisement une description détaillée en se servant de tableaux exposés dans la salle; après quoi M. Kirwan vient ajouter son témoignage à celui de M. Ellis.

— M. Evans cite à ce sujet la présence, sur les côtes d'Angleterre, de véritables *kjökkenmöddings*. Ces *rebuts de cuisine* se retrouvent en Angleterre, entre les lignes de hautes et basses eaux de la mer, ce qui semble indiquer qu'il s'est produit depuis leur formation un certain affaissement de la côte.

— M. Iman décrit, à l'appui de cette dernière conclusion, un de ces kjökkenmöddings submergés aujourd'hui.

— M. Waddington rappelle que, dans les tertres de l'Amérique du Nord, on trouve le même mélange de silex taillés et de coquilles, et M. Ellis, revenant sur la conclusion de M. Evans, signale comme un fait bien connu l'empiétement de la mer sur les côtes septentrionales du Devonshire, empiétement qu'on n'arrête que par des travaux artificiels.

Quatrième séance. — L'assistance était plus nombreuse que de coutume, et le président, sir John Lubbock, a ouvert cette séance, principalement destinée à la discussion des questions anthropologiques, en donnant la parole à M. Huxley, qui a été accueilli par les applaudissements de l'assemblée.

M. Huxley a pris pour sujet de son discours la *distribution actuelle des races humaines*, et les inductions qu'on en pouvait tirer relativement à leur ancienneté. Après avoir déclaré d'abord qu'en se servant du mot *race*, il n'entendait nullement préjuger la question de l'unité de l'espèce humaine, il divise les hommes en quatre groupes primaires ou races : 1° la race *australoïde*, au teint chocolat, aux yeux noirs, aux cheveux lisses, ondulés et doux, et au crâne allongé; 2° la race *négroïde*, à la peau presque noire, aux yeux noirs, aux cheveux ordinairement noirs, crépus et laineux, et au crâne allongé; 3° la race *mongoloïde*, au teint jaune ou olivâtre, aux yeux noirs, aux cheveux noirs et plats et au crâne court; 4° la race *xanthocroïde*, aux cheveux blonds, aux yeux bleus, à la taille haute, et au crâne tantôt long, comme chez les Scandinaves, tantôt court, comme chez les Allemands.

Il passe ensuite à la distribution géographique de ces races.

La *race australoïde* a son quartier général en Australie, où M. Huxley a pu l'étudier sur place et observer son isolement. Mais on retrouve chez les tribus montagneuses du Deccan, dans l'Inde, une population absolument semblable aux Australiens. Or, cette contrée du Deccan est séparée de l'Asie par [illegible] pression alluviale, et il ne faudrait qu'un affaiss[illegible] 1000 pieds (très-insignifiant aux yeux des géologu[illegible] faire une île séparée du continent asiatique comme [illegible] Enfin, en Égypte, il y a un peuple qui, bien qu[illegible] chant des Australiens à un degré moindre, do[illegible] rentrer dans le groupe australoï[illegible]

qu'appartenaient les anciens Égyptiens, ainsi que le prouvent les portraits trouvés sur leurs anciens monuments. Tels sont les lambeaux de races australoïdes, séparés aujourd'hui par d'immenses intervalles.

La *race mongoloïde*, la plus largement représentée de toutes, occupe l'Asie centrale, où son type le plus pur paraît se retrouver chez les Kalmouks et les Tartares; elle s'étend dans les régions polaires, chez les Lapons, chez les Esquimaux, et enfin peuple les deux Amériques. La diffusion de ce type s'explique naturellement par des émigrations auxquelles ne mettait obstacle aucune des barrières géographiques qui séparent les représentants de la race australoïde. La race mongoloïde a en outre peuplé toutes les îles de l'océan Pacifique qui s'étendent de la terre de Van-Diemen à la Nouvelle-Guinée, et des îles Sandwich à la Nouvelle-Zélande.

La *race xanthocroïde*, dont on trouve déjà le type fidèlement reproduit sur les anciens monuments égyptiens, s'étend des îles Britanniques aux frontières de la Chine. Les historiens de ce dernier pays ont pu comparer aux singes les représentants de cette race, avec leurs yeux bleus et leur grand nez; comparaison que nous retournons quelquefois aux Chinois, justement à cause de la petitesse de leur nez. Il existe aussi des représentants de ce type en Syrie.

La *race négroïde* a une distribution géographique très-remarquable. Son quartier général se trouve dans l'Afrique centrale et méridionale, où existent depuis des temps immémoriaux les nègres, parmi lesquels il faut distinguer deux types : le nègre ordinaire au crâne long, aux yeux noirs et aux cheveux laineux, et le petit peuple à teint plus clair, appelé Bushmen. On trouve aussi des négroïdes à Madagascar; mais, à partir de là, il faut aller jusqu'à la presqu'île de Malacca, pour les retrouver chez les Lemangs, peuple de petite taille et à tête large.

Dans les îles Philippines, on trouve encore un peuple négroïde, les Ahètes, qui s'éteint rapidement. Quand on franchit la *ligne de Wallace*, l'élément nègre augmente de plus en plus, et l'on arrive à la population de la Nouvelle-Guinée, connue sous le nom de *negrito*, qui est entièrement négroïde, de même que celle de la Nouvelle-Calédonie. Au delà, les îles sont habitées par des peuples polynésiens, et par conséquent mongoloïdes.

Quand on cherche à expliquer une pareille distribution des races à la surface du globe, on arrive aisément à se rendre compte de l'extension de la race xanthocroïde et des migrations qui ont répandu la race mongoloïde depuis la Laponie jusqu'au cap Horn, comme aussi de celles qui l'ont répartie sur les îles de la Polynésie. Il n'en est plus de même pour les races négroïdes et australoïdes, dont les lambeaux sont séparés par de grands intervalles, et sont respectivement alignés suivant deux directions qui se coupent l'une l'autre. On ne peut expliquer leur distribution par des émigrations, d'autant que si les ancêtres des Australiens avaient jamais su construire un canot, leurs descendants en feraient encore, car l'art de la navigation ne se perd pas.

Les australoïdes et les négroïdes n'ont jamais émigré, car il auraient laissé des jalons intermédiaires entre leurs principales stations. D'ailleurs, à cette curieuse distribution de ces deux races, correspond une distribution toute pareille des animaux, et la ligne de Wallace sépare également les faunes. A l'époque récente (géologiquement parlant) où le Sahara était une mer communiquant avec la Méditerranée, le nègre d'Afrique était cantonné dans son île, ce qui explique son aire restreinte, et met en évidence la haute antiquité de l'espèce humaine, puisque le nègre est plus ancien que les derniers grands changements terrestres. La même chose a dû se passer pour les *negritos* et les Australiens. La distribution actuelle de ces races doit résulter des grands changements survenus dans la répartition relative des continents et des mers, car c'est ainsi seulement qu'on peut l'expliquer.

— A la suite de cette brillante communication, M. Carl Vogt, tout en s'associant aux vues de M. Huxley en ce qui concerne la distribution des races australoïdes et nérgoïdes, qui n'est plus en harmonie avec la répartition actuelle de nos continents, déclare ne pouvoir le suivre dans le reste de ses divisions. Comment, en effet, accepter que le Lapon et l'Esquimau sont de la même race, et comment croire que les peuples européens appartiennent en majorité à la race xanthocroïde, lorsqu'on observe chez eux la prédominance de plus en plus marquée du type brun? Il a dû exister d'autres races fondamentales, et les races mongoloïde et xanthocroïde ne sont que des races mixtes.

— M. Broca constate d'abord la tendance qu'a M. Huxley à revenir à l'ancienne classification des races fondée sur les caractères superficiels, en n'accordant qu'une importance secondaire à la forme du crâne et à d'autres éléments anatomiques auxquels M. Broca attache beaucoup de valeur. Que fera-t-on, en adoptant ces idées, des Mélanésiens, qui réunissent des types appartenant à la fois aux négroïdes et aux australoïdes, et d'autre part, comment pourra-t-on, sur la foi d'un cheveu, rapprocher des Australiens, le peuple le plus dégradé de notre temps, les anciens Égyptiens, qui furent les instituteurs de la Grèce?

M. Broca établit alors par des mesures prises sur cinquante crânes égyptiens de la quatrième dynastie, que, par la forme de la tête, les Égyptiens se rapprochent plus de la brachycéphalie des Mongols que de la dolichocéphalie des Australiens.

M. Huxley a parlé d'une race moderne, xanthocroïde, qui est établie en Europe; mais il n'a pas parlé de la race brune qui l'a partout précédée dans cette région, même dans la Grande-Bretagne, et qui paraît encore prédominer dans la France méridionale, l'Italie et l'Espagne.

Quant aux Dravidiens de l'Inde, M. Broca leur trouve une peau moins foncée et une chevelure plus ondulée que celles des Australiens, tandis que leurs crânes sont à peine brachycéphales, et se rapprochent de la forme dite aryenne.

— M. Wallace a toujours pensé que les Papous de la Nouvelle-Guinée avaient quelque affinité avec les nègres, et il est heureux de s'associer sur ce point aux vues de M. Huxley. Cette similitude reculerait singulièrement l'origine de l'humanité. Il n'y a en effet, entre la Nouvelle-Guinée et l'Australie, qu'un bras de mer profond tout au plus de cent brasses, et les animaux qui habitent ces deux îles sont semblables, ce qui force d'admettre qu'elles ont été autrefois réunies. D'autre part, entre la Nouvelle-Guinée et l'Afrique, il y a un Océan profond, et les faunes de ces deux régions sont différentes, ce qui recule beaucoup plus l'époque de leur séparation, et cependant les hommes de la Nouvelle-Guinée se rapprochent plus de ceux d'Afrique que de ceux d'Australie. Ce n'est donc point une seule série de changements géographiques qui pourra rendre compte de distributions pareilles, et il faudra reculer l'ancienneté de la race des Papous bien au delà des grands

phénomènes qui ont provoqué la séparation de l'Australie et de la Nouvelle-Guinée.

— M. Tylor trouve, dans la répartition géographique des langues, de forts arguments en faveur des idées de M. Huxley.

— M. Hooker remarque au contraire que les divisions ethnologiques établies par M. Huxley ne concordent pas avec les divisions botaniques du globe.

— Enfin M. Busk avoue que, pour pouvoir suivre M. Huxley dans sa classification, il faudrait d'abord renoncer aux idées généralement répandues aujourd'hui sur l'importance prédominante des caractères tirés de l'étude du squelette dans la séparation des races humaines.

— M. Huxley répond en quelques mots à ces observations.

— Après quoi cette discussion est close, et M. Busk met sous les yeux du congrès des *crânes humains découverts dans les cavernes de Windmill, à Gibraltar*, où ils ont été trouvés associés à des instruments d'os et de pierre. M. Busk donne une description détaillée de toutes ces pièces.

— M. Louis Lartet présente au congrès des *crânes et autres ossements humains provenant d'une sépulture des chasseurs de renne du Périgord*, en France, où l'on a trouvé des débris d'éléphant et du lion des cavernes, et il s'étend sur les circonstances du gisement de ces reliques.

— M. Broca décrit avec soin ces crânes et les autres ossements qui les accompagnent, en les comparant à ceux de Gibraltar et en relevant plusieurs ressemblances entre les caractères anatomiques fournis par ces deux races, notamment en ce qui concerne la forme dite *en lame de sabre* des tibias, qui, d'après lui, ne peut être mise sur le compte du rachitisme.

— M. Huxley donne à son tour son avis sur ces crânes, et la séance est levée.

Cinquième séance. — Le président, sir John Lubbock, donne la parole à M. G. Rolleston* pour la lecture d'un mémoire *Sur les modes de sépulture usités en Angleterre aux époques des Romano-Bretons et des Anglo-Saxons*. Ces temps sont préhistoriques pour l'Angleterre, bien qu'ils ne le soient pas pour d'autres pays. L'auteur décrit cinq modes principaux de sépultures, dont deux sont attribués aux Romano-Bretons et trois aux Anglo-Saxons.

Les deux premiers consistaient à mettre le corps dans un coffre de chêne muni de clous et d'anneaux, qu'on recouvrait de silex, de coquilles, de tessons de vases et de cailloux, ou à l'enfermer dans un cercueil de plomb muni d'un couvercle.

Quant aux Anglo-Saxons, ils brûlaient leurs corps ou les enfermaient dans des urnes, où l'on retrouve parfois des ossements, et qui sont enfoncées à dix-huit pouces au plus de profondeur dans le sol; ou bien encore ils les mettaient dans des fosses profondes garnies de tuiles romaines, en imitant les Romano-Bretons.

— M. Lane Fox fait remarquer que les lances qu'on trouve dans les tombes anglo-saxonnes et franques ont leur tige sillonnée de traits alternatifs, destinés à leur donner un mouvement rotatoire au moment de la projection. C'est dans le même but que les sauvages de nos jours garnissent leurs flèches d'empennures spirales. La forme de ces têtes de lances et de flèches se retrouve dans l'Himalaya, dans les haches des Khonds de l'Asie centrale, et surtout chez les nègres et chez toutes les tribus africaines qui travaillent le fer; de telle sorte qu'on est tenté de se demander si ce type de lance ne dérive pas des races qui ont les premières travaillé le fer.

— M. Boyd Dawkins donne des détails circonstanciés sur l'industrie métallurgique du fer dans le Weald. Après quoi, M. Evans lit un intéressant mémoire *Sur la fabrication des instruments de pierre dans les temps préhistoriques*.

L'auteur passe d'abord en revue les procédés dont se servent les sauvages actuels et ceux qu'on a employés dans l'industrie de la taille des pierres à fusil; il établit qu'on peut tailler le silex aussi bien avec un caillou qu'avec le meilleur marteau d'acier.

Les Mexicains, pour fabriquer ces couteaux si réguliers qui leur servent de rasoirs, prennent entre leurs pieds un morceau d'obsidienne, contre lequel ils pressent fortement avec un bâton de bois dur appuyé contre leur poitrine, et ils en détachent ainsi des éclats par la simple pression.

Dans l'Amérique du Nord, on retaille les pointes de flèches sur leurs bords avec un instrument composé d'un morceau de corne ou de bois dur adapté à un bâton : M. Evans a pu, à l'appui de sa démonstration, retailler très-aisément quelques éclats de silex, devant l'assemblée, à l'aide de cet instrument.

Les peuples préhistoriques paraissent s'être surtout servis de marteaux de pierre pour tailler leurs instruments; ils les polissaient sur des pierres à aiguiser fixées et non mobiles; ils les sciaient avec des scies de silex; enfin ils les perçaient avec un bâton, du sable et de l'eau.

Le progrès de cette industrie, bien qu'il n'ait pas été universellement uniforme aux divers âges, est cependant manifeste, si l'on compare les élégants marteaux-haches et les flèches délicatement festonnées de l'âge du bronze avec les haches à peine ébauchées de l'âge paléolithique. On peut le suivre dans tous ces âges : Dans l'âge paléolithique, les instruments sont simplement taillés et presque tous de silex ; dans celui des cavernes de l'âge du renne, les silex sont mieux taillés et déjà retaillés. Dans l'âge néolithique, les haches, souvent polies et aiguisées, rarement perforées, sont empruntées à des roches diverses. On connaissait sans doute aussi l'art de faire éclater le silex par la pression. Enfin, dans l'âge du bronze, les haches sont élégantes et souvent perforées; les têtes de flèches sont retaillées avec une grande perfection.

— Après quelques observations de M. Nilsson et de M. Wyatt, M. Flower donne la description de quelques *sépulcres préhistoriques de l'Algérie*, qui sont représentés par de nombreux dessins exposés dans la salle. Ce sont des dolmens et des cromlechs fort semblables à ceux qu'on rencontre en Europe, et dans lesquels les cadavres étaient déposés avec la posture assise.

— M. Flower lit ensuite un travail de M. Lakis *Sur les sépultures préhistoriques de la Bretagne*.

— Un des secrétaires donne lecture d'une note de M. Reboux *Sur les découvertes, faites dans les sablières quaternaires des environs de Paris, de silex taillés et d'ossements de grands mammifères*, et présente les pièces envoyées à l'appui par l'auteur.

— M. Bruce Foote lit une note *Sur la découverte des haches de quarzite* du type du *drift*, et semblables à celles qu'on trouve à Saint-Acheul, *dans le dépôt à latérite de Madras, dans l'Inde*.

— Sir Walter Elliot fait ressortir l'importance de cette découverte. M. Flower constate, d'après la description de M. Bruce Foote, que ces instruments étaient enfouis dans un dépôt erratique qui n'a pu être formé que lorsque les rivières du pays avaient un niveau de beaucoup supérieur à leur niveau actuel.

— Sir Walter Elliot décrit quelques anciennes sépultures

de l'Inde méridionale, et met sous les yeux du congrès les objets qui en proviennent.

— M. Fitch, le schérif de Norwich, montre au congrès sa magnifique collection de silex taillés du Norfolk et du Suffolk, dont les principaux types viennent de Santon, Downham, Thetford, Hoxne, etc....

Sixième séance. — Sir John Lubbock, président, ouvre la séance en donnant la parole à M. Franks pour une communication *Sur les anciens instruments de pierre du Japon*, dont l'auteur présente quelques spécimens à ses confrères. Ces instruments proviennent en majeure partie de la région septentrionale de la grande île de Nippon, et les Japonais les regardent comme des reliques de la période mythologique des *Kamies* ou des esprits. Ces pierres taillées, dont Siebold a publié le premier quelques spécimens, sont en général des têtes de flèches barbelées, de silex, de jaspe ou d'obsidienne, des têtes de lances en forme de broche, des couteaux, des grattoirs et des haches de basalte ou de jade. Les haches sont considérées comme des *pierres de foudre*, et les flèches, beaucoup plus communes, comme les armes des légions d'esprits qui traversent le pays pendant les orages. Ces idées surnaturelles prouvent que leur usage se rattache aux temps préhistoriques du Japon, bien que d'anciennes chroniques japonaises fassent mention d'armes de pierre des contrées voisines, apportées en tribut au Mikado.

En Chine, les instruments de pierre sont plus rares qu'au Japon, et ils paraissent se rattacher également à une période très-reculée, car les anciennes chroniques chinoises font également mention de l'usage de têtes de flèches chez des tribus limitrophes, comme d'une coutume très-singulière. Malgré toutes ces raisons, le président est d'avis qu'on ne peut encore admettre l'âge de pierre dans le Japon comme établi par ces indications, bien que son existence y soit très-probable.

— M. Boyd Dawkins lit une note *Sur les mammifères associés à l'homme préhistorique.*

D'après l'auteur, lorsque l'homme est apparu dans nos régions, les conditions physiques de l'Europe étaient fort différentes de ce qu'elles sont de nos jours : la Grande-Bretagne faisait partie du continent, et ses plaines fertiles s'étendaient au loin dans l'Atlantique, bien au delà de ses côtes actuelles. La Tamise, au lieu de couler dans la mer allemande, allait rejoindre l'Elbe et le Rhin dans un estuaire qui s'ouvrait dans la mer du Nord, vers la latitude de Berwick. Le climat était sévère comme celui de la Sibérie, et l'on pourrait croire, d'après cela, que les animaux qui vivaient sur ce vaste continent pléistocène étaient différents de ceux qui habitent de nos jours les restes de cette terre à demi submergée. Il n'en est pas ainsi. Quelques-uns seulement d'entre eux, tels que le lion, l'ours des cavernes, l'élan à défense, le mammouth, l'hippopotame, le rhinocéros velu, ont entièrement disparu, et d'autres, comme le glouton, le renne, le véritable élan, le bœuf musqué, la marmotte et le lemming, ont émigré vers le Nord, tandis que le lion et l'hyène des cavernes se sont retirés, l'un en Afrique, l'autre en Asie.

L'auteur classe ainsi les périodes dont il s'agit :

Période préglaciaire (époque du *Rhinoceros etruscus*).

Période glaciaire (*Boulder clay*).

Période postglaciaire (époque du mammouth).

Période préhistorique (époque de la chèvre, du bœuf à courtes cornes et du mouton).

— M. Henry Woodward lit ensuite une note *Sur la courbure des défenses du mammouth découvert à Ilford*, comparée à celle des défenses du mammouth de Sibérie. Après quoi, il s'élève une discussion entre MM. Busk et Dawkins au sujet de l'association du mouton avec la chèvre dans les mêmes gisements préhistoriques.

— Le secrétaire général communique un travail de M. Richard Robert Brash *Sur les monuments ogham des Gaedhal* (Gaels) en Irlande. L'auteur considère ces pierres couvertes d'incisions, qui paraissent être de véritables caractères, comme des monuments funéraires ou des pierres limites datant d'une époque antérieure à l'ère chrétienne, et dus probablement à des peuples originaires d'Espagne.

— M. Harkness n'est pas de cet avis, et n'ajoute pas, d'ailleurs, beaucoup de foi aux interprétations diverses qui ont été données de ces inscriptions. Il les considère comme se rattachant aux caractères runniques.

— M. Lane Fox regarde ces monuments comme préhistoriques, et pense que ces caractères primitifs dérivent des marques que les sauvages font sur leurs flèches.

— M. Tylor signale de grandes différences entre l'alphabet ogham et tous les alphabets connus.

— Enfin, le président appuie cette dernière remarque, et ne pense pas que de tels caractères puissent dériver des marques faites sur les flèches ; car, à son avis, les caractères alphabétiques ont plutôt pris naissance dans une sorte de peinture écrite.

— Un des secrétaires communique quelques passages d'un mémoire de MM. de Ferry et Arcelin sur l'âge du renne dans le Mâconnais, et le président lève la séance, en donnant rendez-vous à ses confrères, pour le surlendemain, à Londres, dans la salle de la Société des antiquaires.

Septième et dernière séance. — *Clôture du congrès.*—Réunis en petit nombre, dans la salle de la Société des antiquaires, sous la présence de sir John Lubbock, les membres du congrès, après avoir écouté trois brèves communications faites par MM. Kirwan, Franks et Maggridge, ont voté par acclamation des remercîments au président et au secrétaire général qui avaient organisé cette brillante session, et se sont séparés en se donnant rendez-vous, pour la soirée, dans le local où se trouvent provisoirement exposées les collections de feu Christy, qui doivent aller, selon les derniers vœux de leur généreux propriétaire, enrichir prochainement les galeries du British Museum. Le soir, M. Franks, conservateur du British Museum, faisait les honneurs, en ajoutant par ses explications à l'intérêt des collections si précieuses réunies dans six salles distinctes. On remarquait la présence de plusieurs savants qui, n'ayant pu assister à la session de Norwich, avaient saisi cette occasion de se réunir aux membres du congrès.

Enfin, le lendemain matin, M. Franks a complété les explications qu'il avait données la veille en guidant le congrès au milieu des galeries si riches du British Museum, dans lesquelles on a pu voir, outre les principales reliques des temps préhistoriques dont il avait été parlé dans la session, quelques spécimens curieux de silex taillés, tels que ceux qui ont été anciennement recueillis en Angleterre, sans qu'on en ait tiré la conclusion qu'il était réservé à Boucher (de Perthes) d'en déduire le premier ; les silex taillés du Waddy-Maghara, dans le Sinaï ; une belle hache de silex simplement taillée de

r-Aïn, en Babylonie ; un magnifique couteau de silex ., trouvé près de Salerne, etc., etc.

ndi suivant, quelques membres, répondant à l'invita-cieuse qui leur avait été adressée par M. Stevens, atéur du musée Blackmore, à Salisbury, rendaient ce musée, et de là allaient en pieux pèlerinage à nge, en visitant sur leur passage plusieurs gisements et quelques collections intéressantes.

s'est terminée cette troisième session, qui aura beau-outé aux connaissances déjà acquises en paléo-ethno-

plissant jusqu'au bout sa mission, le comité anglais a Copenhague comme lieu de rendez-vous, pour l'an-chaine, aux membres du congrès préhistorique, en nt comme président de la quatrième session M. Wor-savant archéologue danois, et comme secrétaire M. Waldemar Schmidt, qui, l'an passé, était chargé ction préhistorique danoise à l'Exposition de Paris. des hommes de science auxquels les études préhisto-sont chères ne voudra manquer cette occasion de visi-les pays où elles ont été poursuivies avec le plus de rance et de bonheur.

ésence espérée à Copenhague des principaux savants aves, Nilsson, Steenstrup, Worsaae, Steinhauer, etc..., sont occupés de ces questions ; les fouilles projetées s kjökkenmöddings, dans les tourbières et dans les s, qui seraient faites à cette occasion ; les richesses sans égales des musées danois : tous ces avantages onnels justifient pleinement le choix du comité au-t nous autorisent à prévoir pour cette session future cès au moins aussi grand que celui que vient d'ob-session de Norwich.

Louis Lartet.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

HYGIÈNE

COURS DE M. BOUCHARDAT

Étiologie de la glycosurie (1)

SFORMATIONS SUCCESSIVES DE L'AMIDON DANS L'ÉCONOMIE VIVANTE. — Dans les recherches sur la digestion ulents qui me sont communes avec Sandras, nous tabli que la fécule se transformait dans les intestins rine, en glycose et en acide lactique, sous l'influence pancréatique ; nous avons retrouvé cette dextrine et lycose dans le sang extrait de la veine porte.

rocédés que nous avons suivis pour démontrer l'exis-le la glycose dans le sang sont exactement les mêmes ux qui ont été reproduits depuis par divers auteurs. me nous avons également démontré que la digestion ulents était très-lente à s'effectuer, qu'on les retrouvait lement dans les intestins vingt-quatre heures après un éculent, il est bien évident que la présence de la gly-ns le sang des mangeurs de féculents devait être con-C'est en effet le résultat le plus net des expériences us venons de citer et la base de notre théorie de l'uti-continue des féculents.

Voici maintenant deux questions que nous n'avons pas réso-lues, et que je vais aborder aujourd'hui : Que devient la dex-trine qui est absorbée dans les intestins ? dans quelle propor-tion est-elle avec la glycose ? Quelle est la glycose qui se forme dans les intestins ? ne subit-elle aucune autre transformation avant d'être détruite ?

Il est bien certain que sous l'influence du suc pancréatique, l'amidon se transforme d'abord en dextrine, et que ce n'est qu'avec le temps que la glycose apparaît en notable propor-tion. Or, il est indubitable que la plus grande partie de l'amidon transformé par le ferment diastasique est absorbée à l'état de santé sous forme de dextrine, et qu'il n'y a que des quantités relativement très-petites de glycose et d'acide lactique produites dans l'intestin. C'est donc, pour la plus grande partie, de la dextrine qui est transmise au foie en même temps que le ferment diastasique fourni par le pan-créas et absorbé en dissolution avec la dextrine.

La glycose produite en petite quantité dans les intestins est-elle identique avec la glycose que fournit la diastase de l'orge agissant sur la gelée d'amidon ? De mes expériences j'avais conclu à cette identité, et admis dès lors qu'elle était différente de la glycose ordinaire (comme M. Jacquelain l'avait établi) par l'énergie de son pouvoir rotatoire moléculaire. Mais j'avoue aujourd'hui que deux raisons principales m'in-spirent des doutes : la première, les quantités très-petites sur lesquelles j'ai pu observer le pouvoir moléculaire rota-toire ; la seconde, la variabilité du pouvoir de la glycose sui-vant qu'on l'observe au moment de la dissolution dans l'eau ou vingt-quatre heures après. Ces observations de M. Dubrun-faut, qui sont postérieures à mon travail, doivent augmenter ma réserve. Quand j'admettais la formation de glycose à forte rotation en même temps que celle de la dextrine, sous l'in-fluence du ferment du pancréas et des autres glandes dia-stasiques, j'étais forcément amené à dire : Dans le foie, le ferment change de nature, et il prend la propriété de transfor-mer la glycose à forte rotation et la dextrine en glycose dia-bétique ou à faible rotation.

Je crois aujourd'hui qu'il est conforme à l'observation d'ad-mettre l'hypothèse la plus simple.

Sous l'influence du ferment du suc pancréatique et des au-tres glandes diastasiques, l'amidon se transforme dans l'intestin, pour la plus grande partie, en dextrine absorbée avec le fer-ment et transmise au foie ; la transformation se continue, et le foie, agissant comme modérateur, verse dans le sang de la glycose, de la dextrine et du ferment. La dextrine peut être fixée dans les organes divers ; le ferment épuise son action sur la dextrine qui reste dans le sang pour la convertir en glycose qui subit à son tour l'action de l'oxygène, et qui est transfor-mée finalement en acide carbonique et en eau, avec produc-tion de chaleur ou de force.

Du rôle de la lactine dans la glycogénie. — Sandras et moi, nous avons exécuté, il y a bien des années, des expériences sur la digestion du lait. Ce travail, dont j'ai souvent entre-tenu mes élèves, n'est pas publié ; je désirais auparavant exé-cuter des recherches sur les transformations que la lactine éprouve dans l'économie.

Est-elle absorbée purement et simplement comme la gly-cose à faible rotation ? N'éprouve-t-elle aussi que dans l'appareil de la circulation les modifications qui la transfor-ment ou la détruisent ? Subit-elle, au contraire, des modifi-cations spéciales dans l'appareil digestif ou dans le foie ? Voilà

(1) Voyez ci-dessus page 46, numéro du 19 décembre 1868.

des questions que l'expérience seule pouvait décider; elles ont une grande importance, si l'on a égard au rôle que la lactine joue dans l'alimentation de l'homme.

Pour résoudre ces questions difficiles et complexes, j'ai emprunté des expériences indirectes à la pathologie et des expériences plus directes aux études physiologiques.

Dans le grand travail sur le diabète sucré, que j'ai lu à l'Académie de médecine dans les années 1849-1850, et que j'ai imprimé dans le tome XVI de ses *Mémoires*, je traite du rôle de la lactine et du lait dans l'alimentation des glycosuriques. J'ai vérifié un grand nombre de fois, — en recueillant la quantité d'urines rendue en vingt-quatre heures, et en déterminant à l'aide de l'appareil de Biot la quantité de sucre qu'elles contenaient, — qu'en ajoutant au régime d'un glycosurique dont les urines contiennent du sucre un litre de lait de vache dans les vingt-quatre heures, l'augmentation du sucre rendu dans cette période de temps était de 50 grammes, et correspondait ainsi assez exactement à la quantité de lactine ingérée en sus du régime ordinaire. J'ai depuis vérifié ce fait chez plusieurs malades.

Le sucre obtenu était-il de la glycose ou de la muco-glycose? Cette question m'a préoccupé à différentes reprises. Je n'ai jamais institué des expériences dans cette direction, parce que je regardais comme contraire à mes malades l'administration du lait et de la lactine; je n'ai profité que des résultats qui s'étaient produits à mon insu, et dans ces cas la muco-glycose, si elle existait, était certainement mêlée de la glycose ordinaire. Il n'est ressorti pour moi qu'un seul fait de ces observations, c'est que dans l'économie du diabétique, la lactine se convertit en un sucre fermentescible appartenant au genre des glycoses.

Quels rôles l'inuline et le sucre qui en dérive, — sucre décrit par M. Dubrunfaut huit jours après moi (1), — jouent-ils dans le phénomène de la glycogénie? L'inuline se transforme avec la plus grande facilité en sucre d'inuline, et cette transformation doit s'opérer facilement dans l'économie. Les études variées et très-attentives que j'ai faites chez les glycosuriques m'autorisent à conclure que le sucre d'inuline ne se convertit pas en glycose, mais qu'il est brûlé dans l'économie avec beaucoup plus de facilité que la glycose.

Du rôle des tissus à gélatine et à chondrine dans la glycogénie. — Les tissus qui, par leur décoction dans l'eau, donnent lieu à la formation de la gélatine ou de la chondrine, forment la partie principale de la peau, du tissu organique des os, et se trouvent en plus ou moins grande proportion dans tous les aliments que le règne animal nous fournit. J'ai dû alors me préoccuper vivement du rôle que ces principes immédiats jouent dans la nutrition, quand j'ai étudié dans tous ses détails le régime que j'avais institué pour le traitement de la glycosurie.

Je n'ai pas tardé à me convaincre, par de nombreuses observations, que les glycosuriques qui faisaient intervenir en proportion notable dans leur régime les tissus à gélatine et à chondrine, voyaient augmenter leur soif, ainsi que la proportion de glycose contenue dans les urines: d'où la prescription de s'abstenir de morceaux gélatineux, tant qu'ils ne sont pas utilisés, prescription sur laquelle j'ai insisté depuis longtemps.

Il y a deux phases dans la digestion et l'assimilation des tissus à gélatine : la première comprend leur dissolution et leur absorption, la deuxième leur transformation. En étudiant avec attention les phénomènes principaux de ces deux phases, nous pourrons faire un pas de plus dans l'étude de la glycogénie. Les expériences que je vais rapporter sont extraites d'un travail que j'avais commencé avec Sandras sur la digestion des matières azotées. Si, dans de l'eau contenant un à deux millièmes d'acide chlorhydrique pur, on place des membranes de la vessie natatoire de l'esturgeon, ces membranes sont en partie attaquées à une température variant entre 30 et 40 degrés; par le refroidissement ces dissolutions se prennent en gelée. Les tissus à gélatine peuvent donc se dissoudre dans l'estomac par la seule intervention de l'eau aiguisée avec une quantité d'acide comparable à celle qui existe dans le suc gastrique. Cette dissolution est absorbée et transmise au foie par la veine porte. Il est, pour moi, certain que le foie n'exerce pas de modification, au moins totale, sur cette dissolution de gélatine. Voici les expériences qui m'ont conduit à cette conclusion : 1° Le foie d'un rat broyé et mêlé avec une gelée d'ichthyocolle ne l'a pas modifiée; j'ai répété cette expérience avec du foie de lapin, elle m'a donné les mêmes résultats. 2° Le sang d'un homme ou d'un animal retiré des veines quelques heures après un repas composé de tissus producteurs de la gélatine est couenneux, comme dans le rhumatisme articulaire. Cette couenne, soumise à l'ébullition avec de l'eau, donne de la gelée formée par de la gélatine (1). Cette expérience prouve que la gélatine fournie par les aliments n'éprouve pas complétement, au moins dans le foie, les transformations qui donnent naissance à la glycose ou à la matière glycogène. Cette transformation doit s'opérer dans le sang, et l'intervention de l'oxygène doit en modifier les résultats. Il me paraît très-vraisemblable qu'il se forme dans ces conditions, outre la matière glycogène ou la glycose, de l'urée. Je reviendrai sur ce sujet en traitant dans un mémoire spécial la question de la production de l'urée dans l'économie vivante.

Le rôle du *tissu du foie* dans les phénomènes de la glycogénie m'a été démontré par de nombreuses observations suivies avec grand soin chez plusieurs glycosuriques fortement atteints. Ces malades, soumis à une alimentation sévère au point de vue glycogénique, ne produisent plus de glycose. Fait-on intervenir du foie en assez forte proportion dans leur régime, la glycose reparaît immédiatement dans leurs urines. La présence de la glycose et de la matière glycogène dans le foie consommé peut aisément rendre compte de l'élimination de la glycose; il se peut encore que les autres matériaux du foie donnent naissance par leur dédoublement à une certaine quantité de ce principe immédiat.

On le voit par les détails dans lesquels je viens d'entrer, les phénomènes de la glycogénie sont plus complexes qu'on ne pourrait le penser; ils réclament l'intervention de beaucoup d'organes dépendant des appareils de la nutrition, et un grand nombre de principes immédiats peuvent être mis en jeu. Pour montrer toutes les difficultés de ces questions, il me suffira de passer sommairement en revue les principaux phéno-

(1) C'est dans ce remarquable travail que M. Dubrunfaut a démontré que le sucre de canne, interverti, résultait du mélange de glycose et de sucre d'inuline, qu'il nomma sucre lévogyre ; mais je pense qu'il faut lui rendre le nom de sucre d'inuline que je lui ai donné, car il existe plusieurs sucres lévogyres, celui d'asphodèle, etc.

(1) La couenne inflammatoire ne consiste pas seulement en fibrine, comme on ne cesse de le répéter ; il y a longtemps que j'ai démontré que bouillie avec de l'eau, elle donne une gelée formée par de la gélatine.

u'on voit apparaître lors de la digestion et l'assimi-
e la viande. Occupons-nous d'abord des principes
ent donner de la glycose par une simple transfor-
moléculaire : nous trouvons en première ligne la
glycogène (dextrine), dans quelques cas l'amidon,
osite. Toutes ces substances ne se dédoublent point;
intervention de l'eau, d'un ferment, peut suffire
re de la glycose. Pour la fibrine, l'albumine, la gé-
s phénomènes sont plus complexes; en produisant
cose, ils donnent naissance à des principes immé-
ers, parmi lesquels il faut citer en première ligne
holique et l'urée. Ce dernier principe immédiat
un produit d'oxydation des matières protéiques, mais
ltat de leur dédoublement : je donnerai toutes les
qui établissent ce fait capital.
qu'il en soit, si nous nous bornons aux phénomènes
coup les plus importants et les plus ordinaires de la
on de la glycose chez l'homme, nous dirons, pour
cette discussion : Si l'on considère la masse d'amidon
rvient chaque jour dans l'alimentation de presque
hommes qui peuplent la terre; si, d'autre part, on
avec la balance le rôle des féculents dans l'alimenta-
glycosuriques, on est amené nécessairement à con-
e, *chez l'homme, l'amidon joue le rôle principal dans les*
nes de la glycogénie.
s'en tient aux résultats de l'expérience si faciles à véri-
doit admettre que c'est le suc pancréatique qui con-
ferment diastasique le plus énergique (1).
IE DE LA GLYCOSURIE. — La théorie de la glycosurie com-
n grand nombre de phénomènes complexes qu'on
parer et grouper par la synthèse. J'avais si bien saisi
es difficultés de ce grand problème, que dans mes
semblais l'éviter, et que j'affectais (1) mon indiffé-
our lui, en me passionnant pour la question qui, à mes
ait capitale : *Guérir une maladie incurable.* Mais, comme
it dans la séance précédente, depuis bientôt vingt ans
professe l'hygiène, en prenant pour point de départ
base de mon enseignement la connaissance des causes
adies, il est évident que je n'ai pas dû laisser de côté
étiologique de la glycosurie. Aussi je ne saurais expri-mer trop vivement le sentiment pénible que j'éprouvais en lisant les ouvrages des auteurs les plus bienveillants pour moi, de mes amis les plus chers, qui, en rendant compte des théories diverses proposées pour expliquer la glycosurie, m'attribuaient, comme fondement de ma doctrine, quelques lambeaux aujourd'hui bien incomplets, tandis que depuis plusieurs années j'avais considérablement agrandi le cercle de ces études, et abordé dans mes cours tous les problèmes qui s'y rattachent. J'éprouvais, en lisant dans les ouvrages l'exposition de ma théorie, le même sentiment que je ressentais en entendant des médecins dire : « Le traitement de M. Bouchardat, c'est le pain de gluten. » Tandis que mon traitement comprend tant d'autres choses, et de beaucoup plus importantes que celles-là.

Le fait qui domine la pathogénie de la glycosurie, je l'ai énoncé depuis longtemps ainsi : *Toutes les fois qu'il existe dans le sang un excès de glycose, ce principe immédiat apparaît dans les urines.* J'ai mis ce fait capital hors de conteste dès mon premier mémoire, imprimé en 1838 (*Revue médicale*), et dans celui qui est inséré au tome XVI des *Mémoires de l'Académie de médecine.*

Nous avons ensuite, Sandras et moi, dans notre *Mémoire sur la digestion des sucres et des féculents* (supplément à l'*Annuaire* de 1846, page 98), démontré que lorsqu'on injectait dans les veines une petite quantité de glycose, on ne retrouvait pas ce principe immédiat dans l'urine, et qu'au contraire les réactifs en accusaient constamment lorsqu'on en injectait un excès.

Cette double démonstration de l'existence d'un excès de glycose dans le sang des glycosuriques, et de l'élimination de la glycose, quand elle est injectée en excès dans le sang, nous l'avons faite depuis longtemps, et les résultats sont aujourd'hui acceptés par tous ceux qui ont répété nos expériences.

Il s'agit maintenant d'étudier les causes très-diverses qui peuvent faire apparaître ces excès de glycose dans le sang, et celles qui déterminent la *continuité de cet excès*, et par conséquent la *véritable glycosurie.*

Les causes qui peuvent faire apparaître un excès de glycose dans le sang peuvent être réunies sous deux chefs principaux.

Cet excès peut dépendre : 1° d'une production trop abondante dans un temps donné; 2° d'une insuffisance dans la destruction : c'est cette dernière condition que nous allons d'abord étudier. Disons cependant, comme nous le démontrerons plus tard, en résumant et en discutant nos faits cliniques, que dans le *véritable diabète sucré*, le plus souvent les deux ordres de causes se trouvent réunies. A l'excès dans la production se joint l'insuffisance de la destruction. Disons aussi que, pour que la glycosurie apparaisse, il faut l'intervention d'une cause qui diminue soudainement la destruction de la glycose sans affecter la production, et qu'il y ait continuité dans l'excès de cette dernière.

Insuffisance dans la destruction de la glycose. — On comprend sans peine que la glycose produite ou versée dans le sang puisse n'être fournie qu'en proportion que j'appellerai normale, et que cependant cette glycose apparaisse dans les urines, si la destruction dans le sang vient à être insuffisante, soit par une introduction d'air insuffisante dans le sang, soit par l'introduction dans le sang, par inhalation, de matériaux plus facilement destructibles que la glycose, soit par toute autre cause qui, en modifiant l'état normal du sang, porte du trouble, de la diminution dans les phénomènes d'oxydation qui s'opèrent

ici ce que j'écrivais dans mon mémoire de 1851 : « J'ai tou-
ché fort peu d'importance aux discussions théoriques sur la
e. Si je m'en suis occupé, ce n'est que d'une façon accessoire
nterpréter les faits que j'avais observés; mais il paraît que la
é des écrivains ne pense pas comme moi à cet égard, puisque,
es les occasions où la presse médicale a eu à s'entretenir de
erches ou de celles d'autres auteurs, elle s'est toujours atta-
questions théoriques, et le côté pratique, qui, à mes yeux, a
importance, n'a jamais été présenté avec des détails suffisants.
donc expliquer pourquoi j'ai résisté jusqu'ici, sous ce rap-
manifestation de l'opinion générale. C'est tout d'abord parce
qu'on s'occupe d'une maladie qui avait été jugée incurable par
bons observateurs, avant vos recherches, il est bien naturel
qui rapporte des exemples de guérison complète attache à ce
coup plus d'importance qu'à tout le reste, et que ses pensées
tôt dirigées vers le but de rendre plus faciles les guérisons
chercher les causes premières de la maladie.
dire aussi que cette recherche m'a paru entourée de diffi-
e ne paraissent pas soupçonner ceux qui se sont superficiel-
cupés de cet objet; mais, comme j'ai vu que le plus grand
egardait comme infiniment plus intéressant de trouver le moyen
un animal glycosurique que de guérir les hommes qui sont
e cette affection, je vais aussi reprendre cette discussion, et
si je puis, par de nouveaux faits et par des aperçus que je
développés. »

incessamment dans l'économie vivante; et parmi ces causes je citerai un abaissement de température de quelques degrés, abaissement que j'ai observé chez les glycosuriques fortement atteints.

Les expériences de M. Alvarez Reynoso ont très-nettement établi cette cause de glycosurie: c'est à elle que se rattache la glycosurie des vieillards, sur laquelle MM. Dechambre et Reynoso ont appelé l'attention des observateurs; celle des empoisonnements par la strychine, la brucine, la morphine, etc.; la glycosurie de l'hystérie, du choléra; peut-être est-ce à cette forme qu'on doit rapporter la glycosurie déterminée par M. Cl. Bernard, en blessant avec un instrument piquant une certaine partie du plancher du quatrième ventricule (1). Enfin, si l'on admet, avec M. Mialhe, que le défaut d'alcalinité du sang puisse déterminer la glycosurie, c'est encore à cette forme qu'il faut la rapporter.

J'ai hâte d'ajouter que cette forme de glycosurie diffère essentiellement de la glycosurie pathologique, connue des observateurs sous le nom de *diabète sucré*. Je la désigne sous le nom de glycosurie *symptomatique*. Deux caractères l'en distinguent. La glycose est éliminée en quantité proportionnellement petite; cette glycosurie est presque toujours un accident temporaire.

L'étude de quelques-unes des causes qui déterminent cette forme de la glycosurie mérite cependant de fixer au plus haut point notre attention, car si ces causes ne constituent pas la glycosurie pathologique, elles viennent cependant la compliquer, et en les écartant, on agit puissamment, comme je l'ai déjà dit, pour guérir les glycosuriques. Mais ce sujet a une telle importance pratique, que j'y serais revenu en traitant de nouveau de la respiration forcée et de l'exercice forcé, comme moyen d'utilisation des féculents par les glycosuriques.

Je termine cette exposition incomplète des causes très-diverses qui peuvent déterminer cette première forme de la glycosurie, et qui rendent vaine la prétention de vouloir aujourd'hui comprendre dans une théorie unique tout ce qui se rapporte à la pathogénie de cette curieuse affection.

Nous venons d'examiner ou d'indiquer les principales conditions qui peuvent conduire à l'insuffisance de la destruction de la glycose. Nous allons maintenant étudier les causes qui peuvent faire apparaître un excès de glycose dans le sang.

Excès dans la production de glycose. — Quand on nourrit exclusivement un animal avec du sucre de canne, son sang contient un excès de glycose, ses urines peuvent même en renfermer. Ces faits, nous les avons depuis longtemps démontrés (Bouchardat et Sandras, Supplément à l'*Annuaire*, 1846). Chez les glycosuriques fortement atteints, voici la première condition que je maintiens la plus importante par la fréquence, par la netteté et la persistance du phénomène : *Transformation exagérée, irrégulière, des féculents en glycose dans l'appareil digestif* sous l'influence d'un ferment trop abondant ou trop énergique.

C'est cette première condition qui a servi de point de départ à mes travaux sur la glycosurie; aussi trouve-t-on, dans tous mes écrits sur cette maladie, le développement sous bien des formes des deux propositions suivantes qui s'y rapportent : 1° Chez les diabétiques, la soif est en raison directe des aliments sucrés ou féculents qu'ils prennent. 2° La proportion de glycose contenue dans les urines est dans un rapport constant avec la proportion des aliments féculents ou sucrés.

Je résumais ainsi, en quelques mots, la comparaison entre les glycosuriques et les personnes en santé. « Chez les premiers, la dissolution des féculents est rapide ; chez les seconds, elle est lente. Chez les premiers, elle s'effectue dans l'estomac, et la dextrine qui en résulte est aussitôt transmise en grande quantité dans le sang, parce que le foie qu'elle traverse est saturé de matière glycogénique ; chez les seconds, elle s'opère principalement dans les intestins, et elle ne parvient dans la grande circulation qu'après avoir traversé le foie, qui n'en est pas saturé, et avoir éprouvé un utile ralentissement à l'aide de cet admirable appareil modérateur. Or, si l'on se rappelle que si la quantité de glycose ajoutée est supérieure à 5 grammes à la fois dans le sang, on en trouve dans les urines ; on comprend alors sans peine pourquoi les urines des glycosuriques doivent contenir de la glycose, et pourquoi les urines des personnes en santé n'en renferment pas. »

Je reproduis encore ici le passage le plus important de mon mémoire de 1851, où ma théorie est justifiée :

« Comment peut-on comprendre que la digestion, en ce qui regarde les aliments féculents, puisse être modifiée de telle façon qu'elle s'exécute, non plus dans les intestins, mais dans l'estomac, qu'elle soit rapide au lieu d'être lente ?

» Avant de rechercher les causes qui peuvent produire cette perturbation, rappelons que la dissolution des aliments féculents dans l'appareil digestif s'effectue sous l'influence de ferments spéciaux qui peuvent différer beaucoup d'activité. Chez l'homme, le ferment digestif le plus actif des féculents (diastase) se trouve dans le suc pancréatique; mais la plupart des autres liquides digestifs contiennent un principe albuminoïde qui, comme tous les autres principes de cet ordre, agissent sur l'amidon. Dès 1832, dans mon *Mémoire sur les ferments et les fermentations*, j'ai insisté sur cette multiplicité de ferments glycosiques et sur leur variété d'action ; depuis, ce fait fondamental a été confirmé par les expériences de Magendie, et étudié plus spécialement par moi dans mon *Mémoire sur la fermentation glycosique*. » (Supplément à l'*Annuaire de thérapeutique* pour 1846.)

Puisque la plupart, ou, pour parler plus exactement, toutes les matières albuminoïdes des sécrétions peuvent dissoudre les féculents, convertir la dextrine ou matière glycogène en glycose, qu'elles ne diffèrent sous ce point de vue que par leur intensité d'action, on peut facilement admettre que cette faculté dissolvante puisse successivement s'accroître sous l'influence de causes très-diverses.

Citons des exemples qui feront mieux comprendre cette pensée : Dans l'état normal, chez le chien, chez le pigeon, c'est le suc pancréatique qui est presque exclusivement chargé de la dissolution des féculents; si vous liez le canal pancréatique

(1) Voici des observations intéressantes de M. Schiff sur ce sujet : « Nous savons, dit-il, qu'on peut produire un diabète assez faible, mais constant, après une lésion par section verticale non hémorrhagique des couches optiques et des pédoncules cérébraux. Le diabète est plus fort après une lésion du pont de Varole ou des pédoncules moyens du cervelet. Il n'est pas faible, mais il est très-passager après une section des pédoncules postérieurs du cervelet ; il est assez fort et dure environ vingt ou trente-six heures après la lésion de la moelle allongée que Cl. Bernard a désignée sous le nom spécial de piqûre diabétique ; il est fort et dure très-longtemps, quelquefois des semaines entières, après la section transversale de la moelle dorsale, si, après cette lésion, on évite le refroidissement des animaux, et si la blessure ne détruit pas la matière glycogène en provoquant une fièvre traumatique intense. »

en, si vous enlevez le pancréas d'un pigeon, le suc
ique ne sera plus versé dans l'intestin, et cependant
aux pourront, quand ils seront rétablis, digérer les
s. Cela tient uniquement à ce fait, que les matières
oïdes qui sont contenues dans le suc intestinal, dans
strique, se rapprocheront insensiblement, par leurs
és dissolvantes, de la diastase contenue dans le suc
ique. On le voit, ce n'est pas seulement dans le
pareil de la circulation que la nature a ménagé des
d'action accessoires qui deviennent principaux quand
n principal vient à manquer; les ferments digestifs
se suppléer les uns les autres, et, sous l'influence
itions qui ne sont point encore toutes appréciées,
ent acquérir des propriétés qui étaient tout à fait

pouvons maintenant nous appuyer sur des faits pour
comment il peut arriver que le glycosurique digère
nt les féculents que les personnes en santé.
ttons l'existence d'une atrophie du pancréas ou d'une
organique de cet appareil sécréteur, la diastase pan-
e ne sera plus versée dans l'intestin; la digestion des
pourra d'abord être plus difficile, mais peu à peu
ères albuminoïdes du suc gastrique (gastérase) pren-
propriétés spécifiques des matières albuminoïdes du
(diastase), et la digestion des féculents s'exécutera
tomac au lieu de s'accomplir dans les intestins. Une
, dont je suis loin de ne pas reconnaître l'importance,
te naturellement. Si j'ai observé chez quelques gly-
es une altération bien manifeste du pancréas ou de
uits, il est d'autres observateurs (et je suis moi-même
mbre) qui, pour la grande majorité des cas, n'ont
vé d'anormal dans le pancréas des glycosuriques.
l'autres causes qui peuvent nous amener à compren-
ment la digestion des féculents peut être transportée
stins à l'estomac.
lycosuriques se font souvent remarquer par la rapi-
laquelle ils digèrent les aliments par leur mastica-
omplète. Ces différences expliquent comment les
féculents peuvent rester beaucoup plus de temps
r estomac que dans l'état normal; ce séjour prolongé
ore être favorisé par une diminution dans l'activité
s contractiles de l'estomac, diminution qui s'explique
dilatation anormale de ce viscère. L'observation m'a
toujours prouvé que *l'estomac est beaucoup plus déve-
z les glycosuriques que chez les personnes en santé.*
féculents restent plus longtemps dans une partie
née de l'appareil digestif, et si ce séjour prolongé
lle incessamment, il arrive une modification dans la
u suc sécrété, qui prend des propriétés dissolvantes
en plus énergiques. Ce fait s'applique à toutes les ma-
ibiles et à toutes les parties de l'appareil digestif;
vérification en est surtout facile pour les féculents,
modification très-légère suffit pour transformer les
rments digestifs en diastase, agissant précisément
féculents. Il est une autre circonstance sur laquelle
ncore insister. Si l'on interroge avec soin les malades
de glycosurie, on apprend presque toujours qu'ils
trop vite, qu'ils avalent le plus souvent sans mâcher,
t depuis longtemps un goût très-prononcé pour le
our les autres aliments féculents. Je n'ai trouvé que
d'exceptions à ce fait que j'ai déjà publié depuis
longtemps. J'ai même rencontré depuis deux exemples cu-rieux où ce désir de féculents allait jusqu'à la dépravation du goût. Je rappellerai ce malade qui mangeait des pommes de terre crues; j'ai vu une glycosurique qui, depuis l'enfance, avait la singulière manie d'avaler chaque jour de l'amidon cru en proportion notable.

Lorsqu'un organe est mis en activité d'une façon exagérée et continue dans un sens déterminé, il acquiert dans ce sens un développement fonctionnel anormal; on peut raisonnablement admettre que, l'estomac d'un individu qui a de la disposition à la glycosurie étant continuellement sollicité par la présence d'aliments féculents en excès, insensiblement la nature du suc gastrique se modifie. Ce liquide, au lieu de contenir, comme cela a lieu à l'état normal, une substance n'exerçant sur les féculents aucune action dissolvante, en renferme une qui agit sur les féculents comme de la diastase.

Si l'on adopte ces idées, la cause la plus importante de la glycosurie serait l'usage continu des féculents à dose exagérée, coïncidant avec une dilatation anormale de l'estomac et une perversion dans la nature du ferment digestif contenu dans le suc gastrique, ou, pour me résumer en une phrase, *dans la production d'un ferment diastasique trop abondant et trop énergique.* La maladie consisterait alors dans une exagération et dans le transport d'une fonction normale.

On comprendrait alors très-bien comment la maladie présenterait le plus souvent une marche insidieuse et progressive, car cette exagération fonctionnelle commence insensiblement et ne s'accroît que successivement. La maladie une fois enracinée, on en trouve une explication satisfaisante dans l'application de la loi de continuité d'action. On sait, en effet, que lorsqu'une transformation s'exécute, lorsqu'une fonction pathologique est établie, elle se continue par le seul fait qu'elle existe dans des conditions où elle n'aurait pas pris naissance, et dans la direction où le mouvement est imprimé.

Ajoutons une dernière considération. Chez les glycosuriques anciens, fortement atteints, le développement d'énergie du ferment diastasique peut persister après la suppression des aliments riches en substances propres à se transformer en matière glycogène; ce ferment absorbé par l'appareil digestif est transmis au foie, et versé dans le sang. Son pouvoir spécifique n'étant pas épuisé, il l'exerce sur la matière glycogène du foie et des autres organes. On comprend alors comment un glycosurique fortement atteint peut produire et perdre de la glycose formée aux dépens de sa propre substance. Il me paraît indubitable que là se *révèle encore l'action d'un ferment diastasique plus abondant et plus énergique* dont j'ai démontré l'existence dans mon premier mémoire de 1838, en examinant les matières des vomissements des glycosuriques fortement atteints (1).

Une théorie, pour être jugée, a besoin d'être mise en présence des faits; résumons par ce parallèle les opinions que nous venons de développer.

Si nous appliquons à la question qui nous occupe ce viel adage médical : *Naturam morborum curationes ostendunt*,

(1) On m'a objecté que cette diastase que j'ai trouvée dans les matières des vomissements des glycosuriques provenait de la salive avalée; mais deux réponses peuvent être faites à cette objection : la première, c'est que ces matières des vomissements chez les personnes en santé n'ont jamais la même puissance diastasique que chez les glycosuriques; la seconde, c'est qu'en dehors des repas, la bouche des glycosuriques sèche, et que les glandes salivaires ne sécrètent rien.

les faits nous donneront complétement raison sous ce point de vue capital. Il n'est pas de maladie dans laquelle on obtienne, à l'aide d'un traitement rationnel, des effets plus nets, plus rapides, plus décisifs, que lorsqu'on applique dans la glycosurie le traitement que j'ai indiqué.

La soif, ce phénomène si remarquable de la glycosurie, s'explique parfaitement dans l'hypothèse que j'ai développée. La soif se lie évidemment avec les besoins de la digestion stomacale ; or, comme les aliments, pour être dissous, exigent de sept à dix fois leur poids d'eau, que le suc gastrique suffit à peine pour dissoudre les aliments fibrineux, gélatineux, albumineux, si la digestion féculente, au lieu de s'effectuer dans les intestins, comme cela se fait à l'état normal, s'opère dans l'estomac, l'eau contenue dans le suc gastrique sera insuffisante pour cette double fonction, et le phénomène de la soif apparaîtra avec une intensité d'autant plus grande, que la somme des féculents ingérés sera plus considérable.

La rapidité de la digestion des glycosuriques trouve une explication satisfaisante dans l'énergie de la diastase diabétique, dans l'ampleur de l'estomac de ces malades, dans les quantités considérables d'eau qu'ils ingèrent.

La présence du sucre dans les urines se comprend aisément par la rapidité de la digestion, par l'existence de la glycose dans le sang des glycosuriques, par la saturation glycogénique complète de tous les organes, et surtout du foie.

Quand on soumet un glycosurique à l'abstinence des sucres et des féculents, la glycose disparaît presque toujours des urines. Si elle persiste chez quelques rares malades soumis à l'alimentation exclusive des viandes, cela tient : 1° à une maladie développée à un haut degré ; 2° à l'existence de principes très-voisins des sucres, l'inosite, la matière glycogène, etc., qui se trouve en petite proportion dans certaines viandes, ou à d'autres principes qui se convertissent en glycose sous l'influence d'un ferment diastasique énergique dont l'action n'est pas épuisée ; 3° à quelques écarts de régime dont on ne s'est pas bien rendu compte.

La disparition du sucre des urines chez les glycosuriques agonisants, la disparition fréquente du sucre des urines des glycosuriques en proie à une fièvre vive, déterminée, soit par l'application d'un large vésicatoire, soit par d'autres causes, est tout à fait inexplicable quand on admet que la glycosurie est produite par un défaut d'alcalinité du sang, ou par une lésion du système nerveux. Rien n'est changé, chez un agonisant, à l'alcalinité du sang ; la lésion du système nerveux n'a pas dû cesser. Cette disparition s'explique au contraire parfaitement dans l'hypothèse que j'ai admise d'une activité plus grande dans la digestion des féculents dans l'estomac et d'une diminution dans la destruction. On sait, en effet, que chez les agonisants, chez les malades en proie à une fièvre intense, les sucs gastrique, pancréatique, intestinaux, ne contiennent plus les ferments digestifs suceptibles de dissoudre les aliments ; la digestion est impossible dans ces conditions. Le même effet s'observe chez le glycosurique agonisant ou fébricitant : les provisions étant épuisées ou les phénomènes principaux de la digestion étant interrompus, le sucre doit disparaître de l'économie et des urines.

On le voit, l'hypothèse principale que j'ai développée explique les phénomènes les plus importants de la glycosurie, dont on ne peut se rendre compte d'une manière satisfaisante en adoptant les théories qui ont été mises en avant depuis mes premiers travaux.

Tout ce que je viens d'exposer est parfaitement exact chez les glycosuriques fortement atteints : des observations chaque jour renouvelées me le confirment depuis trente ans. Mais les choses se passent-elles ainsi au début de la glycosurie ? J'arrive, on va le voir, à un problème d'une difficulté extrême : très-rarement, en effet, les glycosuriques viennent réclamer les soins du médecin au début de la maladie ; presque toujours elle est si insidieuse, qu'elle a échappé pendant bien longtemps aux hommes les plus attentifs pour les modifications de leur santé. Quoi qu'il en soit, par un examen scrupuleux de mes malades, par une étude persévérante des commémoratifs, par la comparaison des faits, je suis arrivé, je l'espère au moins, à trouver la vérité.

Chez beaucoup d'individus arrivés au versant occidental de la vie, quand on étudie le régime au point de vue des aliments glycogéniques ingérés par vingt-quatre heures, et que l'on compare la somme de ces aliments avec la somme des produits qui résultent de leur destruction, on arrive le plus souvent à cette conclusion forcée, que la saturation de l'économie en aliments glycogéniques doit bien souvent exister.

Pourquoi un excès de glycose n'apparaît-il pas dans le sang ? Il faut reconnaître que les ressources de l'économie pour éviter cet excès sont admirables. Le foie, qui agit comme modérateur de la matière glycogène (dextrine), matière qui s'accumule en outre dans beaucoup d'organes ; par-dessus tout, les transformations des aliments glycogéniques en graisse qui est déposée dans différentes parties du tissu cellulaire ; voilà comment nous pouvons comprendre que la glycose n'apparaisse pas plus souvent dans les urines en proportion notable.

Admettons maintenant que, chez ces individus saturés de matériaux glycogéniques, survienne une cause qui entrave la destruction du glycose dans le sang, ce principe immédiat apparaît dans les urines. Si l'état de saturation continue, la glycosurie se constitue. Quand la voie d'élimination est établie, les conditions de production rapide augmentent, et cette aberration dans la digestion des féculents, qui est le phénomène principal de la glycosurie, devient évident ; je suis loin de prétendre qu'il soit le phénomène primitif.

Voici maintenant, en résumé, les faits cliniques les plus nets qui démontrent que chez les individus saturés, la glycose apparaît dans les urines quand survient une cause qui s'oppose à la régularité de sa destruction.

Trop souvent j'ai pu rattacher la production ou l'augmentation de glycose dans les urines à des troubles du système nerveux, pour qu'il soit possible de ne pas reconnaître la réalité de cette influence. *L'évolution ou l'aggravation de la glycosurie sous l'influence de vifs et profonds chagrins, est un fait clinique dont je vérifie presque journellement la vérité.* Ces profonds chagrins conduisent au repos, d'où diminution dans la destruction de la glycose. La glycose augmente ou apparaît de nouveau dans les urines, sous l'influence déprimante d'abus vénériens. Toutes les fois que l'énergie de la respiration est diminuée, soit par une bronchite, soit par la paresse dans la gymnastique pulmonaire, la glycose apparaît ou augmente dans les urines.

J'ai admis que l'excès de glycose dans le sang d'un individu saturé de matière glycogène provenait le plus vraisemblablement d'un défaut dans la destruction ; je vais dans un instant revenir sur les faits principaux qui m'ont conduit à cette conclusion, mais je ne veux pas affirmer qu'il ne puisse exis-

uses d'un tout autre ordre qui donnent naissance ès de glycose dans le sang.

cose urinaire existant dans l'économie vivante ré-'action d'un ou de plusieurs ferments sur la matière e (dextrine); ne peut-on pas admettre, comme je l'ai uis longtemps, que chez les glycosuriques, la glycose en excès dans le sang, parce que le ferment qui e la dextrine en glycose urinaire prend une plus ergie?

rdant l'examen des faits cliniques, nous allons re-ces questions. Mais j'espère que déjà vous admet-moi les conclusions suivantes, qui résument syn-nent les causes si variées de la glycosurie :

rédisposition la plus évidente à la glycosurie, c'est nce de la dépense coïncidant avec l'abus journalier nts glycogéniques (les féculents en premier ordre). lycosurie éclate quand survient une cause qui agit uant la destruction de la glycose dans l'économie. d elle a éclaté, elle devient habitude morbide (dia-des auteurs), quand à l'insuffisance de la dépense, le la recette, vient se joindre une aberration dans mènes de la digestion des féculents, sous l'influence t diastatique devenu plus énergique.

ste, en interrogeant les faits cliniques qui se sont journellement à mon observation, à vous montrer les résultats que nous révèle une étude attentive rmes à la théorie que je viens de résumer. *Alimen-cogénique trop abondante, production d'un ferment e trop énergique, dépense insuffisante,* voilà les con-ncipales de la genèse du diabète sucré.

A. Bouchardat.

— La suite très-prochainement. —

VARIÉTÉS

fférences physiologiques et intellectuelles qui caractérisent les deux sexes

rnier meeting de l'Association Britannique, miss lu un discours sur quelques prétendues différences prit de l'homme et celui de la femme, au point de nstruction (1). Sans doute c'est un essai bien écrit sant,— ce qu'on pouvait attendre d'une femme d'es-teur a développé son sujet avec la même adresse et légèreté de main que les femmes conduisent un pas est varié, mais alerte; les obstacles et les brèches montés avec adresse. Bref, c'est une très-jolie *perfor-*gne des applaudissements qu'elle a obtenus. Cepen-ujet est vraiment très-grave, et affecte les intérêts bre immense de personnes. Il a été agité maintes et fois par des philosophes, des économistes et des po-surtout en Amérique; mais, dans une assemblée nme celle de l'Association Britannique, il n'a pas té, et il ne pouvait l'être d'une façon satisfaisante. proposons d'en dire quelques mots, au point de vue ique comme à d'autres points de vue.

nous considérons le nombre des femmes destinées à rester seules, et le nombre encore plus considérable de celles qui luttent contre la pauvreté ou des circonstances adverses, alors qu'elles veulent et peuvent apporter sur le marché du travail de hautes qualités d'intelligence et de persévérance; lorsque nous pensons au très-petit nombre d'occupations qui leur sont ouvertes, et combien la provision est hors de toute proportion avec la demande, nous sommes portés instinctivement à écouter généreusement et sérieusement toutes les suggestions qu'on peut mettre en avant pour augmenter l'utilité des femmes, élargir le champ de leurs occupations et augmenter leur bonheur.

Nous admettons volontiers qu'il reste beaucoup à faire dans l'éducation qu'on donne aux jeunes filles; — que leurs facultés intellectuelles sont à peine sollicitées et encore moins développées, comme elles devraient l'être, dans les écoles; — qu'il y a quelques genres d'occupations qu'elles sont très-aptes à remplir, et dont elles sont exclues par les hommes; — que nous devrions faire tout ce qui dépendrait de nous afin de leur donner un bon point de départ dans cette lutte pour l'existence qui agite les hommes et les femmes, tout autant qu'elle agite le reste du règne organique, si l'on doit s'en rapporter à la théorie de M. Darwin. Mais nous croyons qu'appliquer le même système d'éducation et d'entraînement aux deux sexes, leur ouvrir les mêmes routes à tous deux, ce serait agir contre les lois de la nature, diminuer l'utilité de la femme, amoindrir l'influence intellectuelle et morale qu'elle exerce incontestablement.

Nous ne dirons rien du volume inférieur du cerveau chez la femme, parce qu'on pourrait nous répondre que le volume de cet organe est proportionné à celui du corps; et si l'on ne se basait sur ce point, la femme pourrait faire valoir avec raison le fait que son sexe possède une quantité de cerveau relativement égale à celle de l'homme: bien que nous pensions que les hommes sont doués de têtes plus grosses et plus fortes, par la même raison qu'ils ont des membres plus développés, c'est-à-dire parce que la nature les a formés pour un ouvrage plus fatigant. Mais, lorsque nous passons aux relations domestiques et sociales de la femme, à la partie passionnelle de sa nature, à ses affections et à ses instincts, à l'influence qu'ils exercent sur elle, et, par elle, sur son mari et ses enfants, aucun physiologiste ne peut mettre en doute, croyons-nous, qu'il existe une relation correspondante entre la délicatesse de l'organisation et le caractère de la structure de la femme, d'une part, et d'autre part, ses devoirs dans la vie. Si les femmes doivent se marier et doivent être données en mariage, si elles doivent porter des enfants, nous craignons que leurs devoirs dans la vie ne forment un obstacle insurmontable à ce qu'elles gagnent leur pain et exercent leur intelligence dans le même sens que le font les hommes; et, qui plus est, nous pensons que ce serait une chose bien malheureuse pour nos enfants et pour nous-mêmes s'il en était autrement. Nous n'avons fait que toucher à un sujet qui est susceptible d'une amplification considérable. L'esprit de la femme diffère réellement de celui de l'homme autant que son corps. La femme possède la finesse, la délicatesse, la rapidité de la pensée et la pénétration probablement beaucoup plus que l'homme. Mais elle n'a ni son énergie, ni sa délibération, ni la faculté qu'il a, ni la même puissance d'effort intellectuel. L'intelligence de la femme, comme l'a déclaré M. Buckle, il y a déjà longtemps, dans une conférence à l'Institution Royale, est d'un caractère déductif. Une femme saisit presque instinctivement

z ce discours dans la *Revue des cours littéraires*, numéro du 1868, tome V, page 2; et numéro du 26 décembre 1868,

la portée d'une série de questions, et a déjà bâti une hypothèse dans son esprit sur le but qu'on cherche à atteindre, tandis que son frère ou son mari est occupé à les arranger et à les peser avec lenteur. Il nous semble aussi peu aisé de discipliner et d'employer l'intelligence des deux sexes de la même manière et dans le même but que d'employer un instrument délicat doué d'une grande rapidité d'action aux mêmes usages qu'une lourde machine douée d'un poids considérable et d'une grande puissance. Si la locomotive de l'intelligence masculine de l'homme demande plus de force et plus de combustible pour se mettre en mouvement, elle acquiert une supériorité de marche considérable quand elle est partie.

L'allusion de miss Becker aux abeilles n'est pas heureuse ; car la femelle des abeilles est caractérisée par le soin assidu avec lequel elle remplit ses devoirs maternels, et elle n'est guère difficile quant au choix de ses maris. Les araignées et les oiseaux cadraient mieux avec le but de miss Becker. Les femelles des araignées sont incontestablement inférieures aux mâles en force et en férocité, et elles aiment le mâle de telle sorte, qu'elles cherchent volontiers à le dévorer au beau milieu de sa cour. Quant aux oiseaux, c'est la femelle, et non le mâle, qui choisit un compagnon mâle ; et comme elle est portée aux caprices à la façon de son sexe, les mâles ont reçu de la nature des plumes splendides et une belle voix, afin de la séduire et de l'entraîner dans les nœuds du mariage. Si, comme le dit miss Becker, il y a quelques animaux du sexe féminin qui dominent le mâle, cela ne sert qu'à établir cette proposition : — que c'est le plus fort qui domine, en vertu de sa force ; et c'est précisément ce que nous disons par rapport aux hommes. La force intellectuelle n'est pas nécessairement jointe à la force physique ; mais elle l'est souvent, et quand cela se rencontre, il ne peut y avoir de doute sur la supériorité qui en résulte. L'énergie de caractère, unie à l'énergie mentale et physique, doit nécessairement l'emporter. Les études et les occupations de l'homme fatiguent sa constitution aussi bien que son cerveau, et les labeurs d'un homme d'État, d'un homme de science, ou de celui qui exerce une profession, sont des fatigues persistantes qu'il ne pourrait soutenir sans une force physique dont sont dépourvues la plupart des femmes. Lorsque le secrétaire de la section, pendant la lecture du mémoire de miss Becker, a rappelé aux gentlemen qui étaient assis qu'il y avait plusieurs dames debout, il a fait quelque chose de plus que de déclarer que les femmes avaient des jambes moins fortes que les hommes. Il a indiqué non-seulement ainsi leur faiblesse musculaire relative, mais encore leur faiblesse nerveuse. Il est très-probable que les fonctions nutritives et l'oxydation du tissu cérébral se font plus activement chez les femmes que chez les hommes, correspondent aux fonctions qu'elles doivent remplir et à l'activité plus grande de leur système nerveux, lequel cependant est relativement plus petit. Ceci peut très-bien se comparer à ces mécanismes construits par l'homme et dans lesquels la rapidité d'action remplace la force. Mais, dans la machine animale, l'action veut dire la perte du tissu, et la quantité d'alimentation et de repos doit être en rapport avec la rapidité de la perte. Nous ne croyons pas que, toutes choses égales d'ailleurs, une femme puisse supporter la fatigue — corporelle et intellectuelle — que subissent des hommes comme M. Disraeli, M. Gladstone, ou M. Lowe, par exemple, pour maintenir leurs positions et accomplir leurs devoirs.

Ce que nous cherchons à prouver, ce n'est pas tant l'infériorité de l'esprit de la femme que les différences essentielles qui existent entre son esprit et celui de l'homme — différences tellement évidentes par elles-mêmes, qu'à notre avis, l'entraînement, l'éducation, le développement et les occupations des deux esprits doivent être différents, et ne peuvent être confondus qu'au prix d'une perte véritable pour la société. L'imagination, la mémoire et la vivacité de perception sont tout autre chose que la faculté de soutenir sa pensée, le jugement et le don de créer. L'éducation d'une fille peut marcher et marche souvent plus rapidement que celle d'un garçon ; mais là se termine le parallélisme, et cela non par suite des différences qui peuvent exister dans l'éducation et les occupations ultérieures, comme le soutiendrait miss Becker, mais comme conséquence des qualités qui distinguent l'esprit et le corps des deux sexes. Prenons un exemple. Les filles ont des avantages très-supérieurs aux garçons en ce qui concerne l'enseignement de la musique. Il n'y a presque pas de jeune fille qui n'ait reçu quelque instruction musicale, et chez beaucoup cette instruction est portée à un degré très-élevé. Cependant, qu'on nous cite un grand compositeur féminin. C'est le génie créateur de l'homme qui a produit tous les grands oratorios et tous les grands opéras. Évidemment il se trouve et il se trouvera toujours des femmes qui se rapprochent des hommes par leur intelligence et le genre de leurs talents. Mais la femme logique, philosophique, scientifique, n'est pas le type ordinaire de son sexe ; la femme, — nous le disons avec toute la délicatesse possible, et cependant nous le disons avec franchise, — la femme s'éloigne fréquemment de ce type par ses caractères physiques comme par ses caractères intellectuels. Il y a eu dans tous les âges des hommes qui ne devaient pas les créations de leur esprit à une éducation supérieure, mais à leur capacité et à leur puissance innées : nous pouvons nommer Shakspeare et Burns, parmi les poëtes ; Mozart, parmi les musiciens ; Cobden, Disraeli et Abraham Lincoln, parmi les hommes d'État ; Faraday, John Hunter, Fergusson et Stephenson, parmi les hommes de science.

Développons, disons-nous, jusqu'aux dernières limites l'esprit des femmes par une éducation bonne et appropriée ; ouvrez-leur toutes les sources légitimes d'occupation, et admettez aux examens de nos universités celles qui voudront s'y présenter. Mais, après tout, si la vie humaine doit marcher, continuer, si la société doit être constituée comme elle l'est et comme elle doit l'être, alors la femme a des devoirs à remplir comme jeune fille, comme épouse, comme mère, comme institutrice de l'enfance, comme compagne, consolatrice et conseillère de ses semblables, hommes ou femmes ; ces devoirs, nul autre ne peut les remplir, et nous espérons qu'elle trouvera dans leur accomplissement son privilége et son bonheur.

— Traduit de *the Lancet* par John FAURE. —

Faculté de médecine de Paris.

MÉDECINE COMPARÉE. — Les vues de M. Brown-Sequard sont changeantes. Nous disions samedi dernier (page 49) qu'on allait relever pour lui la chaire de médecine comparée. Aujourd'hui M. Brown-Sequard abandonne sa candidature improvisée et renonce au bénéfice des démarches de ses amis.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE — NUMÉRO 6 — 9 JANVIER 1869

Paris, 8 janvier 1869.

démie des sciences a constitué lundi dernier son bu-
ur 1869. M. Claude Bernard, vice-président, devenait
t président. Le scrutin pour l'élection du vice-prési-
1869, qui sera président en 1870, a donné le résultat
: M. Liouville a été nommé par 36 suffrages ; M. Ber-
obtenu 14 voix ; M. Faye, 3 ; M. Chasles, 2 ; MM. Ser-
eau et Babinet chacun 1. Avant de céder le fauteuil à
de Bernard, M. Delaunay a remercié l'Académie d'une
iue et déclaré qu'il se souviendrait toujours de l'an-
8 pendant laquelle il avait eu l'honneur d'être appelé
ibre suffrage de ses collègues à présider le premier
vant du monde. — MM. Chasles et Decaisne ont été
nembres de la Commission administrative.

Académie a pourvu en outre lundi dernier à la place
micien libre vacante par suite du décès de M. Deles-
a commission, composée de MM. Delaunay, Mathieu,
rel, Chevreul, Milne Edwards, Seguier et le maréchal
t, présentait : en première ligne, M. Duméril, profes-
u Muséum d'histoire naturelle de Paris; en seconde
par ordre alphabétique : M. Belgrand, l'ingénieur qui a
é le service des eaux de la ville de Paris ; M. Cournot,
Ricord le syphilographe. L'Académie ajoute à cette
. Sauvage, ingénieur des chemins de fer du Nord. Au
r tour de scrutin, M. Duméril est élu par 38 suffrages
14 donnés à M. Ricord, 9 à M. Belgrand et 4 à M. Sau-
Il ne faut pas oublier que les académiciens libres vo-
rsqu'il s'agit d'élire un des leurs : c'est ce qui explique
bre total des suffrages.

près l'élection de M. Weierstrass, il restait encore une
le correspondant vacante dans la section de géométrie
adémie des sciences, celle de M. Plücker, professeur à
ersité de Bonn, mort il y a quelques mois. La section a
té la même liste que pour l'élection précédente (voy.
n° du 26 décembre 1868), sauf que M. Kronecker était
seul en première ligne au lieu de M. Weierstrass déjà
1. Ce n'était pas M. Kronecker que nous avions voulu
er en parlant d'un mathématicien qu'on s'étonnait de
onfondu dans la foule du second rang, c'était sir Wil-
Thomson, un des organisateurs scientifiques du télé-
e transatlantique anglais, qui dirige également le futur
aphe transatlantique français. Sir W. Thomson, qui
t eu aucune voix à l'élection précédente, en a obtenu
elle-ci. M. Kronecker a été nommé par 39 suffrages, et
x qui s'était déjà portée sur M. Brioschi lors de l'élection
Weierstrass, lui est restée fidèle.

— M. Marotte vient d'être élu membre de l'Académie de médecine dans la section de thérapeutique et d'histoire naturelle médicale. La section présentait en première ligne, *ex æquo* : MM. Marotte, Moutard-Martin et Oulmont ; en seconde ligne, M. Boinet ; en troisième ligne, M. Delioux de Savignac. Au premier tour de scrutin, sur 78 votants, M. Marotte a obtenu 35 voix, M. Moutard-Martin 24, M. Oulmont 17, et M. Boinet 2. Au second tour de scrutin, M. Marotte a été élu par 46 suffrages, sur 79 votants, contre 30 donnés à M. Moutard-Martin, 2 à M. Oulmont et 1 billet blanc.

— M. Brown-Séquard, qui siégeait mardi à l'Académie de médecine, pour la première fois peut-être depuis son élection, a présenté de nouvelles expériences sur la production artificielle de l'épilepsie. — Dès 1856, M. Brown-Séquard avait coupé, sur des cochons d'Inde, une des parties latérales de la moelle épinière vers la dixième vertèbre dorsale. Un mois après cette mutilation, les cochons d'Inde étaient sujets à de véritables attaques d'épilepsie, qu'on provoquait facilement en irritant la peau de la face ou du cou ; plus tard, les crises se produisaient même spontanément et survenaient plusieurs fois par jour.

Depuis cette époque, M. Brown-Séquard a continué à s'occuper de la question, et ses nouvelles expériences montrent que le siége de l'épilepsie provoquée est moins restreint que ses premières recherches tendaient à le faire croire. Il a trouvé, en effet, que les crises épileptiques se produisaient également après une section de la partie latérale de la moelle pratiquée plus haut que la sixième vertèbre dorsale, et il a constaté, en outre, que si l'on faisait deux sections de ce genre à des hauteurs différentes, les muscles innervés par le segment de la moelle compris entre ces deux sections étaient sujets, comme les autres, aux convulsions épileptiques. Quant au cerveau, il serait complétement étranger à la pathogénie de l'épilepsie artificielle. Pour l'établir, M. Brown-Séquard a enlevé le cerveau, le cervelet et la protubérance annulaire sur des cochons d'Inde rendus épileptiques par des sections de la moelle épinière ; puis il a entretenu la vie de ces animaux par la respiration artificielle, et il a constaté que les attaques épileptiques continuaient.

Sur une interpellation de M. Colin, M. Brown-Séquard déclare qu'il avait essayé de reproduire les mêmes faits chez des lapins et des chats, mais sans y réussir, sauf dans un seul cas.

M. Colin conteste la nature épileptique des convulsions observées par M. Brown-Séquard, en se fondant sur ce qu'il a lui-même pratiqué bien des fois des sections analogues de la moelle sur divers animaux, sans obtenir jamais de véritables

attaques d'épilepsie, mais seulement des convulsions irrégulières.

M. Brown-Séquard maintient que les convulsions de ses cochons d'Inde étaient bien des crises épileptiques, car il y a constaté l'existence des trois périodes qui caractérisent les attaques épileptiques chez l'homme : 1° convulsion tétanique très-courte; 2° convulsions cloniques désordonnées; 3° torpeur intellectuelle tout à fait analogue à la stupidité des épileptiques après les crises. D'ailleurs, ce qui prouve mieux encore la nature épileptique de ces phénomènes, c'est qu'ils deviennent héréditaires. M. Brown-Séquard en a constaté la production spontanée chez des petits cochons d'Inde issus de ceux qu'il avait opérés.

Cependant M. Hardy conteste encore, au nom de l'observation clinique, que les expériences de M. Brown-Séquard donnent lieu à une véritable épilepsie. Très-rarement, en effet, les lésions de la moelle épinière chez l'homme sont accompagnées de crises épileptiques ; on pourrait même dire que cela ne se produit jamais d'une manière franche. Au contraire, l'épilepsie est très-fréquente dans les cas de lésions de l'encéphale, surtout lorsque le cerveau est comprimé par une tumeur. .

M. Brown-Séquard ne connaît qu'un seul cas d'épilepsie produite chez l'homme par une lésion de la moelle épinière. Quant aux lésions du cerveau, loin de croire avec M. Hardy qu'elles s'accompagnent souvent d'épilepsie, il s'est convaincu, par l'analyse de centaines d'observations, qu'elles restaient toujours étrangères à la pathogénie de cette maladie tant qu'il s'agissait d'une affection de la substance cérébrale elle-même. Les crises épileptiques ou plutôt épileptiformes qu'on observe dans les maladies encéphaliques se rattacherait plutôt, suivant lui, à une affection des méninges. Il est possible aussi que l'épilepsie résulte d'une lésion de la protubérance ou de toute partie de la base du cerveau voisine du bulbe rachidien.

M. Bouillaud affirme, en s'appuyant sur ses propres expériences, que l'épilepsie est étrangère aux lésions du cerveau, mais qu'elle se produit quand on irrite violemment la base de l'encéphale, particulièrement la protubérance et les parties voisines. Ses expériences ont été faites sur des pigeons.

M. Gubler, qui a été témoin des expériences de M. Brown-Séquard à la Société de biologie, affirme qu'elles ont bien provoqué de véritables crises épileptiques et non pas seulement des accès épileptiformes. M. Brown-Séquard rappelle aussi que lorsqu'il a répété ses premières expériences en 1856 devant l'Académie de médecine elle-même, plusieurs assistants se sont accordés à reconnaître dans les phénomènes produits tous les caractères de l'épilepsie.

— Le journal anglais *The Lancet* publie en ce moment des articles de M. Brown-Séquard sur les expériences dont il vient d'entretenir l'Académie de médecine.

— M. Claude Bernard a rouvert mercredi, au Collége de France, son cours de médecine expérimentale, interrompu depuis trois ans par l'état de sa santé. Il a comparé la médecine d'observation et la médecine expérimentale dans leurs caractères, leurs conditions de développement, leur champ d'application et leur état actuel ; puis il a parlé de l'institut physiologique qui va s'établir au Jardin des Plantes. Le cours de cette année aura pour objet l'art d'expérimenter. La *Revue* le publiera *in extenso*. La première leçon paraîtra prochainement dans la *Revue*.

— Nos lecteurs n'ont pas oublié l'intéressante lecture de M. du Bois-Reymond sur *Voltaire physicien*, publiée dans notre numéro du 25 juillet 1868 (t. V, p. 537), et qui présentait sous un jour si nouveau le rôle et les recherches scientifiques de Voltaire. La *Revue des deux mondes* vient d'en tirer l'article de tête de la première livraison de cette année, la *Physique de Voltaire*, sans citer, bien entendu, ni la *Revue des cours scientifiques* ni même M. du Bois-Reymond.

— M. Brown-Séquard revient à la chaire de médecine comparée de la Faculté de médecine, et il paraît que sa nomination est maintenant certaine.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE MUNICH

M. BUCHNER

État du sang dans l'empoisonnement par l'acide prussique étudié sur la comtesse Chorinsky

On s'est plusieurs fois occupé, dans ces derniers temps, d'étudier l'état du sang chez des animaux tués à l'aide de l'acide cyanhydrique ou prussique. A Munich, MM. Voit et Henri Ranke ont fait, à ce sujet, des expériences multipliées, et à Bonn, le docteur W. Preyer a réuni sur l'acide prussique une série d'observations physiologiques dont les résultats ont été publiés dans son ouvrage : *Des effets de l'acide prussique considéré au point de vue physiologique* (1[re] partie, Bonn, 1868, en allemand).

Le meurtre de la comtesse Chorinsky, empoisonnée à Munich le 21 novembre 1867, avait été commis au moyen de l'acide prussique : c'est ce que l'autopsie du cadavre avait déjà fait supposer, et l'enquête chimico-légale que j'entrepris ensuite acheva de le démontrer. Je profitai de cette occasion pour étudier de plus près les effets de ce poison sur la constitution du sang chez l'homme ; car, parmi les objets soumis à mon examen, se trouvait du sang provenant du cadavre de la victime, et dont le poids s'élevait à 285 grammes, c'est-à-dire un peu plus d'une demi-livre.

On n'est pas encore complétement fixé, que je sache, sur la manière dont le poison a été administré à la comtesse Chorinsky. Le reste du thé que cette malheureuse femme avait pris immédiatement avant sa mort, en compagnie de l'auteur présumé de ce crime, ne contenait ni acide prussique, ni cyanure de potassium. Il en est de même des autres liquides, tels que l'eau, le lait et le rhum trouvés sur la table, ainsi que du contenu du vase de nuit ; en outre, les autres objets saisis dans l'appartement de la comtesse ne présentaient aucune trace de ces poisons, à l'exception d'une petite fiole d'eau de laurier-cerise. Mais elle était encore toute pleine, et l'étiquette indiquait que le contenu était destiné à servir de remède contre les tranchées.

La comtesse avait-elle été empoisonnée au moyen de l'acide prussique libre ou bien du cyanure de potassium? C'est là une question qui a été soulevée, mais qui ne pouvait être résolue par l'enquête chimique. Ce que je puis affirmer en toute certitude, c'est que, quatre jours après la mort, il se trouvait du cyanogène dans l'estomac et dans le sang, et cela seulement à l'état d'acide prussique libre et non de cyanure de potassium. En admettant donc qu'on eût fait prendre à la comtesse du cyanure de potassium, celui-ci se serait transformé, par la décomposition chimique, en acide cyanhydrique.

restes d'aliments trouvés dans l'estomac,— qui se com-
nt de débris de jambon et de pommes de terre réduits
e épaisse,—répandaient une odeur légèrement putride.
ls sentaient, en outre, l'acide prussique d'une manière
pante, que ce seul indice faisait déjà soupçonner un em-
nement par cet acide. Ce chyme, fortement étendu
rougissait très-sensiblement le papier de tournesol.
l'on en eut distillé une partie, il s'en dégagea dès l'a-
ant d'acide prussique, que le produit de la distillation
ulement en possédait à un haut degré l'odeur caracté-
ie, mais encore manifestait, à n'en point douter, les
ns chimiques qui sont propres à cet acide.
pouvait déjà conclure de la réaction acide du chyme
lui-ci ne contenait pas, outre l'acide prussique, du cya-
e potassium ou quelque autre combinaison de cyano-
Cependant, pour s'en convaincre tout à fait, on conti-
distiller le chyme étendu d'eau jusqu'à ce qu'il ne se
tât plus d'acide prussique; puis on mélangea le résidu
istillation avec de l'acide phosphorique et on le distilla
veau. Cette fois, il ne fut plus possible de découvrir la
re trace d'acide prussique.
déterminer approximativement la quantité d'acide
ue existant encore dans l'estomac le neuvième jour
a mort de la comtesse Chorinsky, j'ai calculé l'acide
par la distillation d'environ un tiers du chyme. Le ré-
le cette opération a donné, pour tout le chyme, une
é correspondant à peu près à 0gr,075, soit un grain et
xièmes, d'acide prussique anhydre. Cette même quan-
retrouve dans un gros d'acide prussique officinal, et
viron deux onces d'eau d'amandes amères ou de lau-
ise. Cependant la comtesse devait avoir absorbé encore
acide prussique, attendu que tout le poison n'était
lé dans l'estomac : indépendamment de l'évaporation,
rtie avait passé dans le sang et dans les autres organes.
rai remarquer de plus que le liquide résultant de la
tion du chyme ne rougissait point le papier de tourne-
que, par suite, il n'y avait dans ce chyme, à part
prussique, aucun autre acide volatil libre, et notam-
oint d'acide chlorhydrique.
bstance qui rougissait le papier de tournesol était de-
dans le résidu de la distillation, et par conséquent
corps fixe. Ce résidu acide, une fois filtré et concen-
la chaleur, fournit un liquide jaunâtre qui, par la
déposa principalement l'acide et quelques sels. Ce
fut concentré jusqu'à ce qu'il eût pris la consistance
op, puis traité par l'alcool chaud, opération qui en fit
re une partie. Le résidu de l'évaporation de ce liquide
é rougit très-fortement le tournesol, mais il était
d'acide phosphorique; l'acide fixe qui s'y trouvait
utôt de nature organique et se comportait comme
lactique. La cendre obtenue par la combustion
plus la réaction acide, mais était au contraire légè-
alcaline : il ne s'y trouvait de potasse qu'en très-
uantité, et, selon toute apparence, à l'état de chlorure
sium : cette cendre se composait principalement de
e de sodium.
rtie du liquide dialysé insoluble dans l'alcool avait
ction légèrement acide; elle était riche en acide
rique et en potasse; à part le phosphate de potasse,
ouvait y trouver rien de remarquable.
les caractères des substances solubles dans l'eau, et
provenant du résidu de la distillation à laquelle fut soumis le chyme, sont donc les mêmes que ceux du suc de viande; ces caractères ne confirment en aucune façon l'hypothèse d'un empoisonnement par le cyanure de potassium.

Passons maintenant à la constitution du sang fourni par le cadavre de la comtesse Chorinsky. Ce sang différait notablement de celui d'un cadavre humain à l'état normal. Il avait d'abord une couleur particulière; il était d'un rouge-cerise clair, et il conserva cette teinte pendant plusieurs jours. En outre, jusqu'au cinquième jour après la mort, et même plus longtemps, il ne s'était pas encore coagulé, mais était resté complétement liquide. Ce ne fut qu'après quelques semaines qu'une partie du sang exposé à l'air, à une température assez basse, dans un vase couvert, se transforma en une gélatine claire. Ce qui montre de plus à quel point ce sang était inaltérable, c'est le long espace pendant lequel il résista à la putréfaction. Cinq jours après la mort, il avait encore l'odeur du sang tout frais, bien qu'on ne l'eût pas mis à l'abri de l'air : plus tard, son odeur devint un peu rance, à peu près comme celle de vieux beurre. Une autre partie de ce sang, conservée dans un flacon bien bouché, ne prit qu'au bout de plusieurs semaines une faible odeur de putréfaction. Pendant longtemps aussi il ne se forma aucune moisissure sur le sang exposé à l'air; on n'en observa quelques traces que lorsqu'il se fut un peu coagulé.

Une observation microscopique du sang, entreprise peu de jours après l'autopsie, permit de constater que la plupart des globules rouges étaient détruits.

Pour essayer, s'il était possible, de démontrer chimiquement la présence de l'acide prussique dans ce sang qui, à l'odorat, ne révélait, comme je l'ai dit, aucun indice de la présence de cet acide, mais qui sentait au contraire comme du sang tout frais, on en soumit à la distillation une certaine partie convenablement étendue d'eau. Le premier résultat de la distillation avait une odeur incontestable d'acide prussique. Une solution d'argent y produisit aussitôt un nuage blanc qui se condensa, lorsqu'on agita le liquide, en un précipité offrant toutes les apparences du cyanure d'argent. Le produit de la distillation, mélangé d'une solution de potasse, puis de quelques gouttes d'une solution de sesquioxyde de fer, devint d'un bleu foncé en l'acidulant avec de l'acide chlorhydrique, et donna, au bout de quelques instants, un précipité de bleu de Prusse. Mêlé à quelques gouttes de sulfhydrate d'ammoniaque et réduit par la chaleur, il donna, avec du chlorure de fer, une teinte d'un rouge de sang intense qui prouva qu'il s'y était formé du rhodanate d'ammoniaque. Or, celui-ci supposait nécessairement la présence de l'acide prussique dans les matières distillées.

Ces expériences établirent donc de la manière la plus évidente que le sang de la comtesse empoisonnée avec de l'acide prussique contenait encore une partie de cet acide cinq jours après l'accomplissement du meurtre. J'ai même pu le vérifier de nouveau un couple de semaines plus tard. Bien plus, je renouvelai l'expérience que je viens de décrire sur du sang presque desséché, rejeté par la bouche sur la partie supérieure des vêtements et à l'endroit du parquet de la chambre où le cadavre avait été trouvé étendu le deuxième jour après le meurtre. J'y reconnus indubitablement des traces d'acide prussique, aussi bien que dans les entrailles (notamment dans le foie et la rate) qui m'avaient été envoyées pour l'enquête.

Le procédé qui, dans cette occasion, s'est montré le plus efficace pour découvrir des traces minimes d'acide prussique est celui de M. von Liebig (1), qui se déduit de la facile transformation de l'acide prussique en rhodanate d'ammoniaque par le sulfhydrate d'ammoniaque, et de la réaction du chlorure de fer sur le rhodanate d'ammoniaque. La méthode qui se rapproche le plus de celle de Liebig par sa sensibilité, c'est la transformation de l'acide prussique en bleu de Prusse. Mais, pour rendre visible la teinte bleue, lorsque les quantités d'acide prussique sont très-faibles, il faut réduire d'abord à un petit volume le résultat de la distillation mélangé d'une solution de potasse avant d'y mêler une ou deux gouttes d'une solution d'oxyde de fer, et de l'aciduler avec de l'acide muriatique. Souvent aussi le précipité de bleu de Prusse ne se présente sous la forme de petits flocons bleus qu'après qu'on a exposé le liquide dans une éprouvette à une chaleur tempérée pendant plusieurs jours. Une solution d'argent donne aussi des traces de bleu de Prusse; mais, comme le cyanure d'argent n'a point de couleur caractéristique et qu'il est difficile d'en bien distinguer le précipité de celui du chlorure d'argent, il est clair que cette seule réaction ne suffirait pas pour mettre hors de doute la présence d'une très-petite quantité d'acide prussique. D'ailleurs j'ai eu l'occasion dernièrement de vérifier mes observations. Notre collègue Voit avait mis à ma disposition le sang d'un chien tué à l'aide d'une dose très-minime de cyanure de potassium. Je me suis assuré qu'en distillant ce sang acidulé d'acide phosphorique, on ne pouvait constater, ni par la solution d'argent, ni par celle de fer, des traces d'acide prussique. L'acide contenu dans la matière distillée étant en trop petite quantité pour offrir beaucoup de prise à l'observation chimique, il faut nécessairement, pour le découvrir, recourir à la réaction du rhodanate.

Tout récemment M. Schönbein (de Bâle) a décrit dans le *Zeitschrift für Biologie* (année 1867, t. III, 3e fascicule) un effet très-intéressant de l'acide prussique sur les globules du sang, effet qui doit être considéré comme la réaction la plus sensible de l'acide prussique, et qui est très-important pour reconnaître la présence de cet acide dans le sang. Ce chimiste avait signalé, depuis quelques années déjà (2), la propriété que possèdent à un très-haut degré les globules de sang, de décomposer, à la manière du platine, l'eau oxygénée en eau et en oxygène ordinaire. Cette propriété, qui évidemment est due à l'élément essentiel des globules du sang, à « l'hématoglobuline » qui absorbe l'oxygène, est encore une propriété du sang défibriné, étendu d'eau, dans laquelle les corpuscules sont dissous; en effet, celui-ci catalyse très-vivement aussi l'eau oxygénée. Mais, d'après Schönbein, si à ce sang étendu de deux parties d'eau pure on ajoute une quantité même très-petite d'acide prussique étendu d'eau, dès lors l'action catalytique des corpuscules du sang, ou plutôt de l'hématoglobuline, est tellement affaiblie, que, dans un second mélange de l'eau oxygénée, le dégagement du gaz oxygène qui se produit est à peine sensible.

Schönbein a encore observé et établi un autre fait très-digne de remarque : c'est que du sang contenant de l'acide prussique et étendu d'eau brunit sous l'influence de l'oxygène jusqu'à devenir opaque; ce qui indique une profonde altération subie par l'hématoglobuline dans ces circonstances.

L'acide prussique par lui-même n'influe en rien sur la matière constituante des globules; seul, il n'agit ni chimiquement, ni d'aucune autre façon sur ce corps. C'est ce qui ressort d'une simple observation : la coloration du liquide sanguin ne s'altère pas lorsqu'on y ajoute de nouveau de l'acide prussique (si ce n'est qu'un excès de cet acide rendrait plus prononcée sa couleur rouge); en outre, du sang contenant de l'acide prussique et convenablement étendu d'eau montre dans le spectre les deux raies d'absorption qui caractérisent si particulièrement l'hématoglobuline oxygénée (oxyhématoglobuline). Schönbein a trouvé que ce sang recouvre son action catalytique dès qu'on en a chassé l'acide prussique par évaporation. Le liquide sanguin contenant de l'acide prussique, et qu'on avait laissé pendant plusieurs heures dans un plat exposé à l'air libre et en un endroit modérément chauffé, recouvrait ensuite la propriété de décomposer rapidement l'eau oxygénée. De plus, il n'était nullement bruni par cette dernière. Au contraire, le même liquide tenu renfermé pendant plusieurs jours dans une bouteille hermétiquement close, ne catalysait toujours que faiblement l'eau oxygénée et se trouvait fortement bruni par ce corps. La propriété que possède le sang contenant de l'acide prussique, de brunir profondément sous l'influence de l'eau oxygénée, permet encore de reconnaître une quantité infinitésimale d'acide cyanhydrique dans ce liquide. Pour le démontrer, Schönbein a mélangé 50 grammes de sang de bœuf défibriné avec 450 grammes d'eau et 5 milligrammes d'acide prussique anhydre. Ce mélange brunit encore très-fortement en présence de l'eau oxygénée, quoiqu'il ne contienne qu'un cent-millième d'acide prussique. Bien plus, on put encore étendre le mélange d'une quantité d'eau sept fois aussi grande, de sorte qu'il ne contenait plus que 1/800 000 d'acide prussique, sans que cela l'empêchât de brunir de la manière la plus évidente, lorsqu'on y ajouta de l'eau oxygénée.

Schönbein put encore, en appliquant ce procédé à de l'eau de cerises ordinaire, démontrer très-clairement qu'elle contenait de l'acide prussique, dont aucun réactif n'avait encore révélé la présence. Du reste, pour obtenir la réaction que nous avons décrite, l'ordre de succession dans lequel on ajoute l'acide prussique et l'eau oxygénée au liquide sanguin est loin d'être indifférent; car, si l'on a commencé par mêler une certaine quantité d'eau oxygénée au sang, l'acide prussique qu'on y ajoutera ensuite ne produira aucune coloration brune, et l'eau oxygénée sera tout aussi vivement catalysée que s'il n'y avait point trace d'acide prussique dans le sang.

Le professeur Hagenbach (de Bâle) a fait des expériences sur le spectre que donne le sang contenant de l'acide prussique et bruni par l'eau oxygénée. Il a trouvé qu'à mesure que la couleur rouge du liquide sanguin passe au brun, les deux raies caractéristiques de l'oxyhématoglobuline disparaissent dans le spectre, sans qu'une nouvelle raie se produise pour cela. L'absorption s'étend ensuite assez uniformément sur le champ du spectre, à l'exception du rouge, qui, si l'on concentre quelque peu le liquide sanguin, persiste encore seul. C'est par là qu'on peut distinguer le sang qui, contenant de l'acide prussique, brunit sous l'action de l'eau oxygénée, de celui dont la teinte brune est produite par l'acide sulfurique, et qui ressemble au premier, à s'y méprendre. En effet, le liquide sanguin contenant de l'acide sulfurique produit une raie d'absorption bien évidente dans l'espace rouge, raie qui fait complétement

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1847, LXI, 127.
(2) Voyez deux leçons de M. Schönbein dans la *Revue des cours scientifiques*, tome II, page 762, 21 octobre 1865, et tome III, page 62, 23 décembre 1865.

[d]ans le sang contenant de l'acide prussique et bruni [l'eau] oxygénée.

[Le me]urtre commis sur la comtesse Chorinsky me fournit [l'occasio]n de vérifier l'efficacité du procédé de Schönbein [pour dé]montrer la présence de l'acide prussique dans le sang [d'une fe]mme empoisonné au moyen de cet acide. J'ai à peine [besoin d]e dire que les indications de Schönbein se sont trou[vées plei]nement confirmées. Cette expérience entraîna égale[ment la] conclusion, que le sang de la comtesse contenait [une quan]tité relativement forte d'acide prussique. Depuis j'ai [encore é]prouvé plusieurs fois la valeur de ce procédé sur [du sang] contenant de l'acide prussique, de même que sur du [sang con]tenant du cyanure de potassium, et j'ai pu me con[vaincre d]u degré de précision qu'il donnait. Le sang du chien [empoiso]nné par mon collègue Voit à l'aide d'une très-petite [dose de c]yanure de potassium brunit de la manière la plus évi[dente qu]and on le mélangea avec de l'eau oxygénée, bien qu'il [se dégage]ât du liquide d'assez nombreuses bulles d'oxygène. [Les trac]es d'acide prussique contenues dans ce même sang [échappa]ient, ainsi que je l'ai dit, à l'observation chimique par [les procé]dés ordinaires et n'avaient pas été découvertes à [l'aide de] la réaction du rhodanate.

[Il fa]ut recourir à une expérience comparative pour s'as[surer de] la couleur foncée que l'eau oxygénée produit dans [le sang] ne contenant que de très-petites quantités d'acide [prussiqu]e. Pour cela, on prend deux parties égales du sang [que l'on ve]ut examiner; on mélange l'une de ces deux parties [avec de] l'eau oxygénée, et l'autre avec un égal volume d'eau [pure. Il] est facile alors de comparer la couleur des deux li[quides.] Il suffit de quelques gouttes de sang pour faire cette [expérie]nce.

[Je con]sidère le procédé de Schönbein comme le plus com[mode e]t le plus sensible pour démontrer la présence de [l'acide] prussique dans le sang. Seulement, pour qu'on puisse [constate]r l'apparition de la nuance brune sous l'action de l'eau [oxygén]ée, il ne faut pas que le sang soit déjà assez vieux pour [avoir e]u le temps de devenir de lui-même plus foncé, par [suite d]e sa décomposition spontanée. Car, dans ce cas, l'eau [oxygén]ée ne changerait plus la couleur déjà brune de ce sang, [alors qu']il contiendrait de l'acide prussique. Quant au sang pro[venant] du cadavre de la comtesse Chorinsky, longtemps après [l'eau] oxygénée ne produisait plus aucun effet sur sa cou[leur; j'a]i pu encore y constater la présence de l'acide prus[sique a]u moyen des autres réactifs.

BUCHNER.

[Tra]d. de l'allemand par L. KOCH. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

[CO]URS DE M. DE QUATREFAGES (1)

(de l'Institut).

XXXII.

[Fécon]dité des métis et des hybrides chez les végétaux

[Nou]s avons examiné succinctement le mode général de [transm]ission des caractères paternels et maternels chez les métis et chez les hybrides de première génération. Cependant, parmi les facultés dont jouissent les parents, il en est une, la plus importante peut-être de celles que nous avons à considérer, dont nous devons faire une étude toute spéciale. Je veux parler de la fécondité.

Les métis et les hybrides se reproduisent-ils? La reproduction est-elle également facile, et s'accomplit-elle de la même manière avec des phénomènes de génération identiques chez les uns et chez les autres? En admettant qu'elle persiste dans tous les cas, la fécondité des produits directs des croisements se transmet-elle à leurs descendants? Est-elle surtout indéfinie et donne-t-elle lieu, par suite, à la formation de races métisses et hybrides? Telles sont les questions dont nous allons, conformément à notre méthode habituelle, chercher d'abord la solution dans le règne végétal avant d'interroger le règne animal.

Occupons-nous, en premier lieu, de la reproduction des métis végétaux. Une expérience journalière, passée depuis longtemps dans la pratique vulgaire, et sans cesse confirmée par des témoignages unanimes, atteste que les métis de première génération sont tout aussi féconds que leurs parents. Aussi nos parterres et nos vergers abondent-ils en représentants de véritables races métisses.

Cependant le règne végétal ne nous offre, à ce point de vue, qu'un enseignement incomplet. C'est que les races métisses commencent par être indécises et peu stables. La lutte de l'hérédité directe contre les actions, pour ainsi dire à bout portant, de l'hérédité alternante et de l'atavisme, les fait toujours passer par une période d'oscillation plus ou moins longue. Elles exigent des soins spéciaux et du temps pour se fixer. Aussi les agriculteurs, les jardiniers et les fleuristes qui ont des procédés plus simples à leur disposition, emploient-ils ces derniers de préférence pour éviter d'aussi longs préliminaires. Le métissage leur sert à obtenir des variétés; mais une fois celles-ci produites, c'est par voie généagénétique qu'ils les multiplient, par bulbilles, tubercules ou bourgeons, par greffes ou marcottes, etc. Le plus souvent l'expérience pratique s'arrête là, et ne cherche pas à constituer des races. Aussi, je le répète, l'étude des plantes est-elle assez peu instructive au point de vue où nous nous plaçons actuellement.

Cependant il est une observation générale que je dois signaler; elle est importante, car, lorsqu'il s'agira de l'hybridation, nous constaterons un fait opposé. Je l'emprunte à M. Godron. Ces plantes métisses peuvent varier et présenter des caractères qui diffèrent de ceux de leurs parents, — c'est précisément le but qu'on poursuit, — mais on ne remarque jamais chez elle aucune prépondérance des organes de la végétation et de la nutrition sur les appareils floraux. L'équilibre physiologique est aussi parfait chez elles qu'il pouvait l'être chez les parents. Ce fait même atteste que l'intégrité des fonctions reproductrices est restée complète.

Les animaux nous offrent des enseignements plus précis et plus nombreux. En effet, il n'est plus question, à leur sujet, de procédés généagénétiques; et ce n'est que par une succession de générations qu'une variété issue d'un premier croisement réussit à se fixer et à former une race différente des deux races prises comme point de départ.

Ces unions répétées entre métis sont-elles fécondes? Ici vous répondrez facilement pour moi. Les métairies, les exploitations agricoles, les chenils, sont remplis de races métisses qui nous montrent les races primitives, tantôt en voie

(1) [V]oyez notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, [5]79, 592, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des [2]6, 13 juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1[er], 8, 15, 29 août, 12, 26 [septem]bre, 3, 10, 17 octobre 1868.

d'amélioration, lorsque leur croisement a été provoqué par une volonté intelligente, tantôt sur la pente de l'abâtardissement, lorsque leur mélange s'est accompli sans l'influence de l'homme et contrairement à sa volonté. S'il vous reste encore des doutes, consultez le premier éleveur venu ; demandez-lui ce qui arriverait si, dans un troupeau de mérinos ou de durhams purs, on lâchait seulement deux ou trois béliers ou taureaux indigènes ? Il répondra en vous montrant ce que sont les chiens des rues et les chats de gouttières. En effet, ces races abandonnées à elles-mêmes sont comme le théâtre d'une expérience journalière et incessante. Elles se mélangent à tous les degrés et dans tous les sens, pour ne former bientôt plus qu'une masse d'individus bâtards et sans caractères, qu'il est impossible de classer et de rapporter aux races primitives d'où ils dérivent.

Nous découvrons en même temps dans ces agglomérations confuses la justification d'un fait que nous avons déclaré être caractéristique de la race; nous y trouvons les types extrêmes reliés entre eux par des séries graduées, composées d'individus pris çà et là. Cette considération explique et justifie, je le répète, l'importance que les naturalistes ont accordée aux séries de même nature existant dans les groupes d'animaux sauvages qu'ils ont compris sous le nom d'espèces.

Certes, le fait du croisement et de la fécondité indéfinie entre les races morphologiquement les plus opposées doit être bien frappant et bien inniable, pour que Darwin soit forcé de l'accepter et de le signaler comme très-important chez les végétaux et chez les animaux. Il le fait d'ailleurs avec cette bonne foi à laquelle j'ai toujours rendu justice en combattant les doctrines de l'illustre naturaliste. Voici ses propres paroles. Vous n'oublierez pas que le mot de variétés doit être remplacé par celui de races; je vous ai déjà dit que Darwin avait le tort grave de confondre ces deux termes :

« La fécondité parfaite de tant de variétés domestiques, qui diffèrent extrêmement l'une de l'autre, comme on le voit dans les choux et chez les pigeons, est un fait remarquable; surtout lorsqu'on réfléchit combien il existe d'espèces qui, bien qu'extrêmement semblables l'une à l'autre, sont entièrement stériles lorsqu'on les croise. »

Cet aveu fait par Darwin a une très-grande portée; car de là même résulte une contradiction qui est un des arguments les plus forts que ses adversaires puissent souhaiter. Aussi cherche-t-il à l'atténuer en s'appuyant sur certains faits qu'il interprète à sa manière. Nous aurons à les discuter à notre tour.

Tous ces croisements entre races de la même espèce ont lieu aussi bien chez les animaux sauvages ou libres que domestiques. Ainsi, les chiens, les chevaux, les bœufs et les porcs abandonnés depuis longtemps à eux-mêmes se reproduisent partout et toujours aussi facilement que leurs frères soumis à l'empire de l'homme. Au bout d'un petit nombre de générations, des cochons lâchés dans une forêt contenant des sangliers ont donné naissance à des métis nombreux dont la race a remplacé les individus sauvages près de disparaître.

La conclusion qui ressort tout naturellement de ces faits généraux, c'est qu'une fécondité facile, régulière et continue caractérise les métis. Cette fécondité est aussi grande, soit qu'on croise les frères et sœurs entre eux, ou ceux-ci avec leurs parents. Nous avons vu cependant qu'il y avait une limite de perfectionnement, ou mieux de modification des races, qu'il ne faut pas outrepasser; car une fois l'équilibre physiologique rompu aux dépens des fonctions de reproduction, la suite des métis de deux races ne tarde pas à s'interrompre.

En est-il de même de l'hybridation? C'est ce que nous allons demander aux espèces végétales et animales.

Un fait remarquable par sa généralité, c'est que, dans les végétaux hybrides, les organes de végétation et de nutrition, tiges et feuilles, offrent une supériorité très-marquée si on les compare à l'appareil floral. Ces parties de la plante sont plus robustes, plus développées, et c'est une des raisons qui font rechercher certains hybrides. Ce phénomène, inconnu chez les métis, dénote évidemment une rupture d'équilibre au détriment des appareils et des fonctions de reproduction. En effet, celles-ci sont tellement affaiblies, que des hommes éminents en botanique, tels que Knight et Lindley, les ont regardées comme devant toujours disparaître. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous savons que cette croyance est une erreur, ou tout au moins une grande exagération. Kœlreuter, le fondateur de cette branche de la science, avait déjà très-bien vu les faits et posé les vraies règles de l'hybridation. Voici ce qu'il nous apprend :

« Dans l'immense majorité des cas, les appareils reproducteurs mâle et femelle sont atteints chez les hybrides. Les organes mâles sont en général le plus rudement frappés. Le plus souvent les anthères, au lieu d'être gonflées de poussière fécondante, sont aplaties et flétries; à l'intérieur, il n'y a point de pollen, ou seulement un pollen imparfait qui, déposé sur le stigmate, n'émet pas de tube pollinique; donc il est absolument impropre à la fécondation : en sorte que la fleur qui renferme les deux sexes ne peut se féconder elle-même, ni donner naissance à une succession de générations, sans un secours étranger.» De nombreux observateurs, parmi lesquels se trouve encore M. Godron, ont confirmé cette loi de l'atrophie de l'élément mâle.

L'élément maternel est toujours moins profondément altéré; c'est encore à Kœlreuter que nous en devons la remarque. Un certain nombre d'ovules, échappant à l'action stérilisante de l'hybridation, se développent, d'une manière plus ou moins normale, en sorte que, dans une fleur où les anthères et le pollen sont complétement altérés, il peut y avoir des graines. Il en résulte qu'on a souvent réussi à féconder des fleurs hybrides au moyen d'un pollen emprunté à l'une des deux espèces parentes. Cette fécondation donne naissance à un végétal quarteron ayant trois quarts de sang d'une des espèces primitives et un quart de l'autre. Il arrive assez fréquemment que la fertilité reparaît à cette seconde génération.

En continuant cette fécondation artificielle toujours dans le même sens, c'est-à-dire en empruntant le pollen de la même espèce pour féconder les descendants du premier hybride, ceux-ci s'en rapprochent de plus en plus. Kœlreuter a pu revenir, après un petit nombre d'opérations de cette nature, à la plante parente dont les divers caractères s'étaient ajoutés successivement à chaque génération. Chez les descendants du premier hybride, c'est le retour artificiel au type paternel que Kœlreuter a ainsi réalisé, et Wiegmann a fait la même expérience pour reproduire le type maternel.

Tels sont les faits généraux. Ils se retrouvent également chez les végétaux sauvages; mais ici la fécondation indirecte d'un hybride par l'une des espèces qui ont concouru à sa formation est un fait des plus rares. M. Godron n'en a cité que six cas, dont trois ont été observés sur des gentianes. Dans les prairies naturelles où croissent ces plantes alpestres, on a

ıtré quelquefois des gentianes présentant tous les inter-ires possibles entre l'espèce jaune et l'espèce violette. ıtre, pour ainsi dire, de ces diverses productions, on ve l'hybride primitif lui-même. C'est que l'action hu-a été remplacée dans ce cas par celle du vent et des s, expérimentateurs involontaires.

ourrait croire, au premier abord, que ce fait n'est autre que ce qui a lieu entre deux races dont les types ex-s se trouvent reliés par un grand nombre de types inter-ires. Mais une différence grave vient révéler la nature spéciale du phénomène. Les séries dont je parle actuel-t ne durent pas : si l'on revient deux ou trois ans plus ıns les prairies où on les a observées, on ne retrouve ue les espèces primitives dans toute leur pureté, tous les es ayant disparu par un phénomène sur lequel j'appel-ut à l'heure votre attention.

hybrides de première génération sont très-rarement ı. Gærtner en a fait la remarque, et, depuis, ceux qui lui cédé dans ces études ont confirmé son observation.

a cependant des cas où, par une vertu spéciale qui évidemment dans les espèces mêmes, les hybrides fécondés et ont donné des fruits ou des graines fertiles n a pu semer à leur tour. Mais, en pareil cas, la fécon-toujours été extrêmement réduite, et le nombre des s a diminué dans des proportions souvent énormes. r a compté sur un hybride de pavot 10 graines fertiles ient, tandis que, dans l'espèce ordinaire, une cap-ı renferme environ 2130. Le rapport n'est pas toujours ıible ; cependant la réduction de la fécondité est tou-rès-grande.

vont donner maintenant ces graines si rares lorsqu'on a semées? Reproduisent-elles l'hybride même? Plu-phénomènes dignes d'attention peuvent se présenter. en, en supposant que les plantes issues de ces graines nnent elles-mêmes de fertiles, la fécondité disparaît étement au bout de deux ou trois générations, en que la série hybride se trouve arrêtée; ou bien, et e cas le plus fréquent, un phénomène plus singulier ı apparaît. Les hybrides restent fertiles, mais donnent nce à des formes qui reviennent plus ou moins rapide-aux deux types spécifiques primitifs.

tinction de la série hybride ne doit pas nous arrêter. our aux types des parents est bien plus remarquable en il accuse chez les hybrides l'existence d'une force natu-ropre aux espèces, force qui lutte avec les résultats els obtenus à grand'peine par l'action de l'homme.

etour aux deux espèces croisées se fait tantôt graduel-t, tantôt brusquement. Parfois ce sont quelques indivi-ılés qui reproduisent successivement l'un ou l'autre des types; d'autres fois, tous les descendants de l'hybride if se transforment en même temps. Voici deux exem-ȝ ces phénomènes. M. Lecoq a uni le *Mirabilis jalapa*, le-de-nuit ordinaire, jouant le rôle de père, avec le *giflora*, ou merveille du Pérou, représentant la mère. Il résulté un hybride intermédiaire à graines fertiles. Ces s ont été semées, et toutes les plantes de cette seconde ıtion ont reproduit le type paternel, c'est-à-dire la belle-t ordinaire.

sse à l'autre exemple, sur lequel j'insisterai davantage, qu'il réunit les caractères principaux de l'hybridation ses suites. J'emprunte les détails qui s'y rapportent à M. Naudin, dont l'autorité, dans les questions de cette nature, est toute particulière. Les phénomènes que nous examinons en ce moment font, en effet, depuis 1853, l'objet des études de mon savant confrère; il n'a pas cessé, pendant cette longue période, de multiplier des expériences remarquables par leur précision, et qui placent son nom à côté des noms si autorisés de Kœlreuter et de Gærtner.

M. Naudin a fécondé le *Datura stramonium* par le *D. ceratocaulos*. Dix fleurs furent préparées avec les soins nécessaires pour obtenir une hybridation artificielle. Tous les ovaires nouèrent et se développèrent. Il en résulta dix capsules; mais ces capsules, qui représentaient les hybrides de première génération, étaient de dimensions fort inégales, et les plus grandes avaient un volume tout au plus moitié de celui qu'elles atteignent dans les espèces qu'on avait croisées.

L'examen des graines contenues dans ces capsules fut de son côté remarquablement instructif. Une bonne moitié des ovules étaient réduits à des vésicules affaissées sur elles-mêmes, aplaties et ridées. L'immense majorité des graines étaient de moitié ou des deux tiers plus petites que les semences ordinaires. Mais, circonstance autrement grave, elles ne contenaient pas d'embryon; elles se composaient uniquement d'une petite masse périspermique, et présentaient donc tous les indices d'un avortement complet. Ces dix capsules ne donnèrent à M. Naudin qu'environ soixante graines offrant, avec leurs embryons, toutes les apparences de bonnes semences. Elles furent toutes semées. Trois seulement germèrent ; encore un des hybrides qui en résulta ne put-il arriver jusqu'à la floraison. Il est vrai qu'il avait été cultivé en pot, et que cette circonstance influa peut-être d'une manière fâcheuse sur son développement. Les deux autres, élevés en pleine terre, se montrèrent très-vigoureux et présentèrent à un très-haut degré le caractère de prédominance de l'appareil végétatif. La tige était d'un tiers plus élevée qu'elle ne l'est ordinairement dans l'espèce-mère qui est la plus haute des deux. Les branches étaient remarquables par leur belle venue.

Mais, voyez dans quelles conditions s'accomplit, en revanche, la floraison : les verticilles inférieurs n'en présentèrent aucune trace; à la partie supérieure, les fleurs avortèrent; au centre seulement, elles s'épanouirent régulièrement et donnèrent des capsules bien garnies de graines en bon état.

M. Naudin en sema plus de cent. Toutes les plantes qui naquirent présentèrent la taille, le port, l'inflorescence, la fécondité ; en un mot, tous les caractères de la plante-mère, le *Datura stramonium*.

Le retour n'a pas toujours lieu avec cette généralité et cette brusquerie. Poursuivant le cours de ses belles expériences, M. Naudin a vu d'autres séries hybrides dans lesquelles la fécondité n'amenait pas aussi promptement la réapparition des types spécifiques croisés au début. Sans entrer dans tous les détails de ces intéressantes observations, je dois vous parler cependant d'un phénomène singulier qui apparaît alors, et auquel M. Naudin, en appelant l'attention sur lui, a donné le nom de *variation désordonnée*.

Quand le croisement de deux plantes d'espèces différentes donne un résultat, les hybrides qui naissent à la première génération se ressemblent beaucoup ; à tel point même qu'on pourrait très-bien les prendre les uns pour les autres. Mais, dès la seconde génération, cette uniformité disparaît. Les nouvelles plantes ne ressemblent pas aux hybrides de la première génération, et offrent entre elles de très-grandes diffé-

rences. De là l'expression de variation désordonnée employée par M. Naudin.

Voici un exemple bien frappant de ce bizarre phénomène. En croisant le *Linaria vulgaris* à fleurs jaunes avec le *Linaria purpurea* à fleurs pourpres, M. Naudin a obtenu un hybride dont il a pu étudier sept générations successives sur plusieurs centaines de plantes. A chaque génération, un certain nombre d'individus retournaient aux espèces paternelle ou maternelle. Les autres, très-nombreux encore, n'étaient pas plus semblables entre eux qu'aux hybrides de la première génération. Vous allez voir dans quels termes M. Naudin s'exprime sur leur compte : « On y trouvait, dit-il, tous les genres de variations possibles, des tailles rabougries ou élancées, des feuillages larges ou étroits, des corolles déformées de diverses manières, décolorées ou revêtant des teintes insolites, et de toutes ces combinaisons, il n'était pas résulté deux individus entièrement semblables. »

Ce désordre observé, je le répète, parmi des centaines, presque des milliers d'individus, est d'autant plus caractéristique que, dans tous les cas étudiés par M. Naudin, les hybrides de première génération se sont montrés remarquablement uniformes, et tellement moyens entre les parents, qu'on pouvait intervertir les rôles de ceux-ci dans l'acte de la fécondation, sans que les produits du croisement différassent sensiblement dans les deux cas, tellement était complète l'égalité avec laquelle les natures des deux espèces paraissaient se partager la constitution de leurs hybrides.

Maintenant que je vous ai fait connaître les phénomènes généraux, je désire appeler un instant votre attention sur les hybrides quarterons. Ce sont ceux, je vous l'ai dit, dans l'essence desquels l'une des espèces entre pour les trois quarts, et l'autre seulement pour un quart.

La fécondité perdue par les hybrides demi-sang peut reparaître dès la première génération quarteronne. En pareil cas, des phénomènes semblables à ceux que nous venons d'étudier se manifestent encore. Ainsi, pour reprendre l'expérience de M. Lecoq, l'hybride du *Mirabilis jalapa* et du *M. longiflora*, fécondé de nouveau par du pollen emprunté au *M. jalapa*, donne des graines fertiles et des hybrides de deuxième génération qui sont des quarterons. Ceux-ci restent quelque temps fertiles, mais, à chaque génération, un certain nombre de plantes retournent à l'un ou à l'autre des deux types spécifiques. Celles qui continuent à s'en distinguer, présentent encore entre elles cette variation désordonnée observée chez les descendants d'hybrides demi-sang. M. Naudin a signalé ces phénomènes à la suite du croisement des espèces suivantes : le *Primula acaulis* avec le *P. officinalis* ; le *Petunia violacea* avec le *P. nyctaginiflora* ; et le *Linaria vulgaris* avec le *Linaria purpurea*. Dans toutes ces expériences, l'hybridation quarteronne a commencé par être fertile, mais pour être suivie de retours nombreux aux formes des parents et de phénomènes de variation désordonnée.

En somme, malgré la persistance de leurs efforts et la multiplicité de leurs expériences, les botanistes n'ont pas encore réussi à fixer une race hybride. Il est cependant un exemple unique, dans lequel la nature paraît avoir à elle seule opéré le croisement et fixé la suite des hybrides ; le cas auquel je fais allusion est d'ailleurs intéressant à d'autres titres encore.

Nous ne connaissons pas même aujourd'hui l'origine du blé. Les auteurs grecs croyaient qu'il pouvait provenir de la transformation d'un ægilops, dont l'épi ressemble en effet beaucoup à celui de certaines céréales. Encore aujourd'hui les Arabes de Syrie nomment l'*Ægilops ovata*, le *père du blé*. Cet ægilops croît également en Sicile et dans le midi de la France.

Lamarck lui-même, dont vous connaissez cependant les opinions souvent aventureuses en matière de transformation des espèces et de leur dérivation les unes des autres, a réfuté cette croyance. Bory Saint-Vincent, qui souvent exagère Lamarck, et parle volontiers de plantes nouvelles en voie de formation, semble croire la chose possible en théorie. Il s'explique, par l'abondance de l'ægilops en Sicile, pourquoi les Grecs faisaient venir leur blé de cette contrée. A force de semer et de cultiver cette plante dans la vallée de l'Etna, on en avait sans doute fait le froment. Telle serait en même temps, selon lui, l'origine de la fable de Triptolème. Cependant, lorsqu'il a eu l'occasion de passer des spéculations théoriques dans le domaine des faits, lorsque le professeur de Bordeaux, Latapie, lui eût parlé d'une transformation d'ægilops en froment, qu'il prétendait avoir réalisée, Bory Saint-Vincent, tout en prônant et en recommandant l'expérience en question, s'est bien gardé d'accepter comme démontré le fait lui-même. C'est qu'à son insu il subissait cette hésitation que connaissent les esprits même les plus aventureux, lorsqu'ils sont mis en demeure d'admettre dans la nature certains faits étranges auxquels ils ne se faisaient aucun scrupule de se laisser conduire par une théorie plus ou moins hasardée ; faits dont le désaccord avec tous les phénomènes généraux connus rend l'acceptation bien difficile, bien périlleuse, et qu'on ne saurait, le plus souvent sous peine de méprise, analyser avec trop de soin.

L'exemple suivant prouve mieux que tout raisonnement combien il est facile de se laisser prendre aux apparences, et combien les faits qui semblent les plus évidents doivent être parfois interprétés d'une manière toute différente de l'explication qui s'offrait au premier abord.

En 1857, M. Esprit Fabre, de la ville d'Agde, publia, dans les *Mémoires de l'Académie de Montpellier*, une série de faits en apparence bien décisifs dans le sens de la transformation de l'ægilops en blé. Il avait trouvé près d'Agde, au bord d'un champ de blé, une plante décrite par Requien, botaniste d'une certaine réputation, et inscrite dans les catalogues sous le nom d'*Ægilops triticoides*, c'est-à-dire *semblable au froment*. En déterrant une de ces plantes, M. Fabre la vit sortir d'un épi d'*Ægilops ovata*, qui donnait d'ailleurs naissance en même temps à des individus de son espèce. M. Fabre devait croire et crut en effet qu'il y avait là un phénomène de transformation. Mais les faits ne s'arrêtèrent point là. L'*Ægilops triticoides* portait quelques graines ; elles furent semées : dès la première génération, les plantes qui en naquirent prirent un développement exceptionnel pour l'espèce et se rapprochèrent encore plus du froment. Elles avaient perdu une des arêtes caractéristiques de leurs balles, et présentaient toute l'apparence du *Triticum vulgare*, appelé dans le midi *blé touzelle*. Elles se reproduisirent dans le jardin de l'expérimentateur, et le célèbre botaniste de Montpellier, M. Dunal, confirma lui-même ces faits, qui étaient d'ailleurs rapportés dans tous leurs détails avec une bonne foi parfaite. Il put croire un instant que la transformation de l'*Ægilops* en blé était un fait acquis à la science.

L'annonce de cette découverte fit du bruit, et en aurait fait plus encore si, à ce moment, les doctrines de Darwin avaient

retentissement qu'elles ont aujourd'hui. Peut-être t-on encore à l'origine locale du froment, sans les :hes d'un savant dont j'ai eu souvent à combattre les es générales, sans jamais mettre en cause sa valeur ique, qui est très-grande.
odron, qui se trouvait en ce moment à Montpellier, quelques doutes scientifiques sur l'explication donnée its observés par M. Fabre. Ces métamorphoses brus- l'*Ægilops ovata* en *Ægilops triticoides*, et de ce dernier , lui rappelaient plutôt les accidents irréguliers de dation qu'une transformation graduée. En effet, il ouvait pas là ces phénomènes qui, d'après les idées vous ai exposées ici, marquent le passage d'une race autre, et qui, suivant les partisans de la transmuta- s espèces, devraient également relier l'une à l'autre n et le nouveau type spécifique. Cette absence de for- aduées entre les trois termes si éloignés de l'*Æ. ovata*, *triticoides* et du *blé ægilops*, lui donnait donc à penser. s faits vinrent augmenter encore les doutes qu'il con- ainsi à priori. L'*Ægilops triticoides* était rare partout e trouvait qu'autour des champs de blé. De plus, il ait deux formes caractérisées par des épis barbus chez glabres chez l'autre. La première se remarquait sur la des champs plantés de blé barbu, la seconde autour des s où croissait du blé sans barbe. Enfin, l'une et l'au- ient presque toujours stériles. M. Godron conclut dès 'il y avait là, non point une transformation d'espèces, véritables phénomènes d'hybridité. Pour lui, l'*Æ. tri-* ne fut plus qu'un hybride simple d'*Æ. ovata* et de fro- et il ne vit également dans le blé *ægilops* qu'un hybride on de l'*Ægilops triticoides*. Il ne tarda pas à démontrer e expérience l'exactitude de cette interprétation.
853, c'est-à-dire l'année même où parut le mémoire de re, M. Godron reproduisit artificiellement l'*Ægilops tri-* qui avait été trouvé dans la nature, et, cinq ans après, 8, ayant fécondé cet hybride avec du pollen de froment, it le blé ægilops. Il est à remarquer que l'hybride quar- ppelé par M. Godron *Ægilops speltæformis*, c'est-à-dire *approche de l'épeautre* (*Spelta*), est resté fécond aux en- d'Agde, dans le jardin où M. Fabre le cultivait depuis ns, et à Nancy, chez M. Godron, qui en soigne encore ds provenant des plantes de M. Fabre, et des premières lui-même obtenues.
, quoique réussissant et se reproduisant d'une manière re, cet hybride quarteron, qui est le seul dont on con- une longue suite de générations fécondes, est en quel- rte artificiel, et ne pourrait se passer des soins de ne. M. Godron a vainement essayé de le semer en le t à nu sur un sol même préparé d'avance. Il faut ab- nt enterrer chaque graine et prendre soin du produit : d'une plante délicate.
arquez une dernière circonstance. L'hybride quarte- s'est produit qu'une fois spontanément; c'est dans le de M. Fabre. Il n'a jamais été trouvé dans la nature. ar un hasard de fécondation artificielle, grâce aux naturels, vent ou insectes, que l'*Ægilops triticoides* une nouvelle dose de pollen de froment. Bien qu'un phénomène ait dû se produire bien souvent au voi- des champs de blé sur l'hybride simple, qui, vous le existe dans la nature, on n'y a jamais constaté l'exis- l'aucun hybride quarteron.

Voilà bien un exemple de l'influence que peut avoir la culture, qui n'est autre chose que la domestication des plantes, sur la fécondité des végétaux. De même que la fécondité des animaux domestiqués, celle des plantes cultivées s'accroît généralement ; c'est ce qui est arrivé pour l'*Ægilops triticoides* recueilli et soigné par M. Fabre. Placée plus loin des champs de blé que bien d'autres pieds qui recevaient le pollen du froment sans être fécondés par lui, cette plante seule en a cependant éprouvé l'action fertilisante.

Au reste, l'influence de la culture sur les fonctions reproductrices des végétaux est bien évidente dans plusieurs cas. En voici un qui a été signalé par M. Godron.

Les hybrides du *Primula acaulis* et du *Primula officinalis* sont souvent féconds dans les jardins, et en particulier dans le jardin botanique de Nancy. M. Godron les y croise assez facilement avec l'une des deux espèces, de manière à obtenir des hybrides quarterons. Or, on ne rencontre aucun de ces derniers aux environs de Nancy, dans les bois, qui renferment cependant un grand nombre d'hybrides de première génération.

Je viens de résumer l'histoire de l'hybridation végétale. Vous le voyez, je n'ai voulu éluder aucune difficulté; j'ai même particulièrement insisté, et je me suis appuyé sur les faits les plus favorables en apparence à l'opinion qui proclame la continuité de la reproduction chez les individus hybrides.

Un fait général se dégage de l'étude que nous venons de faire et domine tous les faits de détail. Jamais on ne voit apparaître une race hybride dans la nature. On ne connaît qu'un exemple de race quarteronne qui se soit fixée sous l'action de l'homme, et qui se perpétue, à la condition, bien entendu, de recevoir une culture tout artificielle : c'est l'*Ægilops speltæformis*.

Pour résumer les enseignements que nous offrent les végétaux dans la question qui vient de nous occuper, nous pouvons dire que le métissage donne des individus chez qui la fécondité reste intacte et continue.

Au contraire, l'hybridation ne donne naissance le plus souvent qu'à des êtres inféconds, ou dont la fécondité a subi tout au moins la plus grave atteinte. Si ces produits réussissent à se perpétuer pendant un certain temps, ce n'est que par générations irrégulières ; ils perdent leur ressemblance entre eux, ou retournent aux types des espèces qui leur ont donné naissance. En résumé, on ne connaît pas une seule race d'hybrides méritant vraiment ce nom.

J'aborderai dans notre prochaine leçon l'étude des hybrides du règne animal.

Arm. Angliviel.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

HYGIÈNE

COURS DE M. BOUCHARDAT

Étiologie de la glycosurie (1)

Applications des faits cliniques a l'étude étiologique de la glycosurie. — La plupart des auteurs qui traitent de la glycosurie écrivent encore aujourd'hui que l'étiologie de cette maladie

(1) Voyez ci-dessus pages 46 et 75, 19 décembre 1868 et vier 1869.

est obscure et souvent inconnue; je suis persuadé que cette obscurité ne tient qu'à une insuffisance d'observation et d'étude. Avec de l'attention et une interrogation patiente et intelligente, on peut remonter avec précision aux causes qui, toutes, trouvent une explication aussi simple que satisfaisante, en prenant pour guide la théorie que je viens d'exposer, qui elle-même s'appuie sur l'expérience et l'observation.

Alimentation. — Depuis que j'ai insisté, dans mon mémoire de 1838, sur le goût prononcé de la plupart des glycosuriques pour le pain, les autres aliments féculents et le sucre, sur l'abus que la plupart des malades avaient fait depuis longtemps d'aliments de cet ordre, des faits journaliers sont venus confirmer cette observation capitale. Je n'ai pas besoin d'insister pour faire voir combien elle est d'accord avec la théorie que j'ai exposée.

J'ajouterai que j'ai souvent trouvé dans les antécédents de mes glycosuriques, l'abus des limonades, de la bière, du cidre, surtout des boissons gazeuses (1), de raisins, d'aliments sucrés (2). Les limonades, on le comprend, nuisent comme aliments sucrés et comme boisson acide. La bière (3) renferme des matières glycogéniques; elle contient en outre, comme les boissons gazeuses, de l'acide carbonique qui contribue, avec l'ingestion abondante de ces boissons, à dilater l'estomac outre mesure, et à préparer une des conditions de la digestion anomale des féculents, leur séjour trop prolongé dans l'estomac.

Voici deux causes qui contribuent à cette dilatation excessive de l'estomac, et que j'ai retrouvées chez la plupart de mes malades en les interrogeant avec soin. La première, c'est une alimentation beaucoup trop abondante, concentrée souvent dans un seul repas. La seconde, c'est une mastication insuffisante: presque toujours les malades avouent qu'ils avalent leurs morceaux tout ronds, — soit par préoccupation d'affaires, soit par appétit excessif, soit à cause du mauvais état des dents, si habituel chez les glycosuriques; — et que la plupart du temps ils achèvent trop rapidement leurs repas.

J'ai constaté aussi l'insuffisance de l'orifice pylorique, relativement au volume de l'estomac dilaté.

Toutes ces causes conduisent à la digestion anomale des féculents; on peut encore admettre que, dans certains cas, cette anomalie est favorisée par une maladie du pancréas.

Exercice. — C'est à peine si les auteurs qui ont écrit sur la glycosurie signalent le défaut d'exercice comme une cause prédisposante, et cependant l'*examen attentif d'un très-grand nombre de malades m'a démontré que c'est la cause prédisposante qui doit peut-être, par sa fréquence, venir en première ligne*, surtout quand elle coïncide avec une alimentation relativement trop riche en matières glycogéniques. Nous reviendrons dans un instant sur cette influence prépondérante en parlant des âges, des professions, des classes aisées.

Je connais toutes les précautions que réclame à certains points de vue l'interrogatoire des malades; mais, avec de l'adresse, de la bonhomie, on peut obtenir de la plupart des glycosuriques la confession qu'ils ne brillent pas par leur amour du travail corporel et qu'ils ne dédaignent point les bons repas.

Je pourrais me borner à ce qui a trait à l'alimentation et à l'exercice pour faire une énumération presque complète des causes prédisposantes de la glycosurie. On ne s'éloignerait point encore de la vérité, en disant que la continuité dans l'excès des aliments glycogéniques, non en rapport avec l'exercice ou la dépense, peut conduire à cette forme de glycosurie à marche insidieuse et progressive dont les malades ne sont souvent avertis que nombre d'années après qu'ils en sont atteints. Mais il est incontestable que plusieurs causes, appartenant presque toutes à celles qui diminuent la dépense, peuvent, ou faire apparaître soudainement la glycosurie, ou en déterminer bien souvent une aggravation telle que cette aggravation est considérée, à tort, comme le point de départ, la maladie existant déjà depuis longtemps, à l'état faible et latent. Nous allons étudier ces principales causes déterminantes.

Système nerveux. — Parmi les causes qui contribuent à faire apparaître la glycose dans les urines ou à en augmenter la proportion lorsque ce principe immédiat y existe depuis longtemps, je dois mentionner les influences morales, et parmi elles, en première ligne, les *chagrins profonds.* J'ai trop souvent reconnu cette cause déterminante par l'interrogation de mes malades, j'ai trop vu de pères ou de mères en deuil parmi ceux qui sont venus me consulter, pour ne point lui accorder une importance considérable.

J'ai constaté numériquement, à plusieurs reprises, l'augmentation de glycose dans les urines de plusieurs de mes malades après un violent accès de colère. J'ai vu des rechutes suivre les abus vénériens; j'ai rapporté des observations d'insuccès de traitement bien conduits chez de jeunes maris qui dépassaient de beaucoup ce que la raison pouvait leur permettre. Peut-être, dans ces cas, une influence morale (la jalousie), qu'on peut plutôt deviner que constater par des aveux, venait-elle s'ajouter aux abus vénériens.

La science possède plusieurs observations de glycosurie temporaire qui ont éclaté à la suite de chutes ou de coups violents sur la tête. Ces cas ne sont pas fréquents, il faut le reconnaître; mais cependant j'en ai vu quelques-uns, et ils trouvent une explication satisfaisante dans les belles expériences de M. Cl. Bernard.

Les maladies du système nerveux, les hémiplégies et autres paralysies, sont assez souvent accompagnées de la présence de glycose dans les urines; mais la proportion en est ordinairement très-faible; la véritable complication de ces maladies avec le vrai diabète sucré est rare.

Les modifications du côté du système nerveux font apparaître un excès de glycose dans le sang, et de là dans les urines, en diminuant la destruction de ce principe immédiat, soit par une diminution dans l'activité respiratoire, soit par un abaissement de la température animale (1).

(1) Je ne serais pas éloigné d'incriminer d'une façon toute spéciale l'*abus* du vin de Champagne. J'ai été souvent consulté par des Champenois et par des fabricants de vin de Champagne.

(2) Sylvius (*Morb. int. curat.*, p. 219) a vu le diabète apparaître après une ingestion abondante d'oignons, de radis; Lister (*Exerc. med.*, p. 75), après l'abus de liquides contenant de l'acide carbonique.

(3) Dans les urines des glycosuriques buveurs de bière nouvelle, le ferment alcoolique se développe plus souvent que dans les urines des malades qui n'usent pas de cette boisson.

(1) *Maladies qui peuvent déterminer la glycosurie.* — Après les lésions du système nerveux (encéphale, moelle) qui, dans quelques cas, ont été le point de départ de la glycosurie, on a encore cité plusieurs autres maladies qui peuvent la déterminer : 1° Fièvres intermittentes graves, dysenteries, hypochondrie (Hecker). On a signalé depuis quelques années l'existence d'une petite proportion de glycose dans les urines des malades atteints de fièvre intermittente,

adies. — Beaucoup de maladies ont encore été placées
les causes prédisposantes du diabète : ainsi les grandes
rhagies, les suppurations abondantes, la scrofule (Caw-
ans ma pensée, et d'après ce que j'ai vu, il ne s'agit
ici que de complications élevées au rang de causes
e observation insuffisante ; il en est de même des abcès
On a encore noté les névralgies, l'hystérie et autres
es comme causes de glycosurie ; mais il doit s'agir ici
glycosuries passagères par non-destruction, qui diffè-
utant du vrai diabète sucré que la glycosurie de la gros-
Ruysch, Cheselden, Latham).
outte, le rhumatisme, apparaissent souvent comme
cations. Je reconnais, avec M. Marchal (de Calvi), que la
e doit être élevée au nombre des causes; elle s'ob-
hez les personnes saturées d'aliments de calorification ;
gie générale est commune, et la production d'un excès
urique diminue les conditions favorables à la destruc-
s matériaux glycogéniques.
hthisie est une des complications les plus communes
lus à redouter; reconnaissons cependant que cette ma-
le même que la bronchite et certaines formes de l'asthme,
inuant l'énergie respiratoire, peuvent entraver la des-
n des matériaux de calorification, et favoriser le déve-
nent ou l'aggravation de la glycosurie. J'ai constaté
ggravation chez plusieurs de mes malades atteints de
ie.
. — On a exagéré l'influence des maladies du foie dans
duction de la glycosurie; cependant chez plusieurs
es j'ai constaté un excès dans le volume de cet organe,
sez fréquemment, dépasse notablement les côtes; mais
odification dans le volume du foie est déterminée le
uvent par un excès d'alimentation et un défaut d'exer-
ui sont, dans ces cas, les vraies causes génératrices de la
urie.
u. — Les fonctions de la peau (production de sueur,
ication), sont très-considérablement modifiées dans la
urie. Dans plusieurs cas, les malades, que j'ai interrogés
oin, font remonter leur maladie à un refroidissement
1).
comprend sans peine que chez nos prédisposés à la gly-
e, un refroidissement subit puisse amener une diminu-
ans la destruction de la glycose ; d'où excès dans le sang,
ion par le rein, et continuité de cette excrétion chez les
dus saturés de matière glycogène.
édité, prédisposition fraternelle. — Nous voici en pré-
sence d'une de ces questions hérissées de difficultés, et que, généralement, on se hâte de résoudre trop tôt sur des données incomplètes. Blumenbach (*Medic. Biblioth.*, Bd. II, p. 126) a insisté avec beaucoup de force sur la transmission héréditaire du diabète. Isenflamm rapporte le fait très-remarquable de sept enfants atteints successivement de glycosurie. W. Prout a vu quatre cas favorables à l'opinion de ceux qui croient à l'hérédité de la glycosurie. L'un est celui d'un jeune homme dont la mère et l'oncle avaient succombé à cette affection. Le second, celui d'une dame de cinquante ans, dont le frère et la sœur étaient morts diabétiques. Dans le troisième, il s'agit d'une jeune fille de dix ans, dont le père avait été affecté de la même maladie. Enfin le quatrième est celui d'un homme de cinquante-quatre ans, qui succomba comme son père au diabète. D'autres observateurs ont recueilli des faits du même genre. Le docteur Storer a rencontré trois cas de diabète dans une même famille, chez un frère, une sœur et sa fille ; le père était mort de cette maladie. Dans un cas rapporté par le docteur Leigh Thomas, trois frères étaient atteints de diabète.

J'ai rencontré, je l'avoue, des cas assez nombreux, où, sans avoir constaté par moi-même l'existence de la glycose dans les urines des ascendants de mes malades, les commémoratifs étaient assez précis pour ne me laisser aucun doute sur la réalité de la glycosurie de ces ascendants. Mais, d'un autre côté, j'ai recherché, presque toujours inutilement, la glycose dans les urines des enfants de mes malades, et particulièrement dans celles de plusieurs enfants *devenus adultes* (1), dont le père et la mère avaient été glycosuriques.

J'ai été assez souvent consulté par plusieurs frères atteints les uns et les autres de glycosurie; ces cas, chaque année, j'en observe, et mon attention est tellement éveillée de ce côté, que consulté par un malade, j'ai fait découvrir la glycosurie chez son frère, qui ne soupçonnait point en être atteint. J'ai donné mes soins à trois frères glycosuriques, je les revois encore de temps à autre. Cependant ces faits ne suffisent point pour décider absolument la question de l'hérédité, car ils frappent, quand ils se rencontrent, l'esprit du médecin : il faudrait compter. Je crois plutôt à la prédisposition fraternelle. Puis, ne l'oublions pas, les enfants imitent souvent les mauvaises habitudes hygiéniques de leurs parents.

Contagion. — Reil et Thomas Henke (*Handb. der spec. Path.*, Bd II, p. 290) ont avancé que le diabète pouvait se transmettre par contagion. Je ne saurais admettre cette cause de propagation de la glycosurie, quoique j'aie dix fois *au moins* constaté l'existence de glycose dans les urines des deux époux; mais en comparant ce chiffre modeste avec le nombre si considérable de glycosuriques auxquels j'ai donné mes soins, je suis conduit à croire qu'il n'y a là qu'une question de coïncidence ou de parité dans l'alimentation et les autres habitudes hygiéniques.

Climat. — Ce qui prouve bien l'obscurité qui régnait jusqu'ici dans les ouvrages classiques sur les causes de la glycosurie, c'est l'importance que certains auteurs attachaient à l'influence des climats. Je vais examiner attentivement les principales opinions, et montrer combien elles sont peu fondées.

Le docteur Lefebvre (*London medical Gaz.*, 28 novembre 1837) prétend que le diabète est inconnu en Russie.

---

e n'est point le vrai diabète; je ne sais rien à propos de la dysen-
t de l'hypochondrie : cette dernière maladie est une complication
ommune, surtout chez les hommes rendus impuissants par la
rie. 2° Néphrite inflammatoire ou calculeuse (Froriep's *Not.*, Bd.
p. 240). J'ai vu plusieurs fois des calculs chez les glycosuriques,
uemment l'albuminurie, mais ce sont des complications et non
ses. 3° Reil a attribué un cas de glycosurie à la suppression
alivation abondante ; je n'ai rien vu de pareil. 4° Darwin, Mon-
ont rattaché un cas de diabète à la suppression d'une sueur habi-
des pieds ou des mains (Mondière, *Sueur habituelle des pieds*,
urn. *Expér.*, 1838, n° 31). La glycosurie conduit fréquemment
ppression de la sueur ; la réciproque est-elle vraie dans certains
On pourrait le penser en voyant la glycosurie éclater après un
issement.
Sundelin a vu la glycosurie apparaître chez un individu resté
nps dans l'eau froide (Torn's, *Archiv*, 830). J'ai vu la glycosu-
manifester chez une femme paralysée à la suite de pratiques
ques de l'hydrothérapie.

(1) Peut-être faut-il attendre l'âge de la ménopause.

Cette assertion est absolument dénuée de fondement. J'ai été consulté par plusieurs Russes, hommes et femmes, appartenant aux divers gouvernements de l'empire; j'ai également donné mes soins à plusieurs personnages éminents d'un pays voisin, la Suède, et si l'on pouvait décider ces questions d'après le nombre de malades qu'on a vus d'une même ville, je dirai qu'à Copenhague la glycosurie est très-commune; mais je me garderai de rien avancer à cet égard, car en cela tout est question de coïncidence.

On a dit que l'Angleterre était la terre privilégiée de la glycosurie. Latham en a traité plus de vingt cas. Bardsley en a observé vingt-neuf. Babington, en un temps relativement court, a donné ses soins à vingt-trois glycosuriques (Willis, *On urinary Diseases*, p. 197). Prout, en peu d'années, a observé vingt glycosuriques. J'ai moi-même été consulté par plusieurs malades appartenant aux diverses parties de la Grande-Bretagne; mais rien ne m'autorise à penser que la glycosurie y soit plus commune qu'en France.

P. Franck a vu beaucoup plus de glycosuriques en Italie qu'en Allemagne. J'ai été consulté assez rarement par des Allemands et des Italiens, et au contraire assez fréquemment par des Espagnols. En conclurai-je que le diabète est plus commun en Espagne qu'en Allemagne ou en Italie? Évidemment non; cela prouve seulement que je suis plus connu en Espagne. A ce propos, je dirai que j'ai été fort touché en voyant arriver à Paris, avec sa famille, un petit propriétaire, habitant un village du royaume de Grenade, qui avait entrepris ce long voyage exclusivement pour venir me consulter, et cela avant l'établissement des chemins de fer.

Si la glycosurie n'est pas rare dans les contrées froides, elle s'observe aussi dans les régions les plus chaudes. Le docteur Christie l'a rencontrée assez communément à Ceylan : en quelques années, il en a vu douze cas, bien que sa pratique fût peu étendue; et les médecins indigènes lui ont assuré que cette maladie était loin d'être rare dans ce pays (*Edinburgh medical and surgical Journal*, vol. VII, p. 285). On l'observe de même assez communément au Bengale (*Transact. of the medic. Soc. Calcutta*). J'ai donné mes soins à des Anglais arrivant des mêmes contrées, à un Hollandais habitant Java, à des Brésiliens, à beaucoup de citoyens des républiques du Sud-Amérique et à des Français séjournant en Algérie depuis plusieurs années, ainsi qu'à des Arabes nés dans ce pays. D'après ces faits, je conclus, ou que les climats ont très-peu d'importance dans la question d'étiologie de la glycosurie, ou que nous manquons de documents sérieux pour rien affirmer à cet égard.

Je dois cependant ajouter que j'ai vu souvent s'aggraver les symptômes de la glycosurie, pendant les *temps froids et humides*, mais je ne voudrais pas dire pour cela que les climats froids et humides prédisposent à la glycosurie; je manque de preuves.

Sexe. — Réservant les questions de la ménopause, de la grossesse, de la lactation, sur lesquels nous allons revenir, nous dirons avec tous les auteurs : la glycosurie est moins commune chez les femmes que chez les hommes. D'après un relevé de Griesinger, pour cent soixante-douze hommes il n'y aurait que cinquante-trois femmes glycosuriques. Sur sept observations rapportées par le docteur Bardsley (*Hospital Facts and Observations*, 1830), il y a eu trois femmes et quatre hommes. Ce rapport ne s'éloigne pas beaucoup de ce que j'ai vu; je crois cependant la proportion de trois septièmes pour les femmes un peu trop élevée; malheureusement je n'ai pas compté, mais je suis porté à croire que la proportion de trois huitièmes serait plus vraie. Toujours est-il que généralement les hommes se laissent aller plus que les femmes aux plaisirs de la table, cela expliquerait le résultat observé; cependant il est d'autres données qui peuvent compliquer cette question, comme nous allons le voir.

M. Blot a fait l'importante découverte de la présence constante de la glycose à l'*état puerpéral* (*Compt. rend. Acad. sc.*, 6 octobre 1836); ce principe immédiat existe chez toutes les femmes en couche, chez toutes les nourrices, chez la moitié environ des femmes enceintes. M. Lecoq, dans un travail riche de faits intéressants (*Gaz. hebd.*, 1863, n°s 1, 2 et 3), a confirmé les observations de M. Blot. Il est arrivé aux conclusions suivantes. Il existe une quantité sensiblement plus grande de sucre : 1° chez les femmes enceintes, vers la *fin de la grossesse;* 2° chez les femmes en couches, et surtout chez les nourrices.

Ce n'est point là le véritable diabète sucré, tout le monde est d'accord sur ce point. Ce n'est qu'un état passager, et les quantités de glycose excrétée sont si faibles, qu'elles s'éloignent énormément de ce qui existe dans les cas pathologiques. J'ajouterai à ces faits deux observations qui ont une grande importance :

1° Les femmes atteintes de vrai diabète sucré deviennent très-rarement enceintes.

2° Dans le nombre si considérable de diabétiques qui sont venus me consulter, je n'ai pas mémoire d'avoir vu une seule femme enceinte.

Si la grossesse est une cause qui semble éloigner les chances de véritable diabète sucré (1), il n'en est pas de même de la *lactation*, et surtout de la lactation trop longtemps continuée. Dans mes travaux antérieurs, j'avais déjà rapporté deux exemples de glycosurie intense qu'on pouvait rattacher à cette cause; j'en ai observé depuis un nouvel exemple.

La glycosurie très-intense conduit assez souvent à l'aménorrhée; ne pourrait-on pas supposer que l'évacuation périodique du sang est une condition non pas absolue, mais relative de préservation? Nous allons revenir sur cette question en parlant de l'âge.

Age. — Le diabète sucré vrai *s'observe à tous les âges :* c'est le résumé général des faits que j'ai observés; mais, sous le rapport de la fréquence, il existe de notables différences sur lesquelles il est indispensable d'insister.

Le docteur Venable, dans un ouvrage sur le diabète publié à Londres en 1825, prétend que cette affection est très-commune chez les jeunes sujets, et que, si l'opinion contraire a prévalu, c'est parce qu'on méconnaît le plus souvent son existence. Les observations qu'il rapporte sont loin d'être concluantes; il en est de même de celles du docteur Willis. Horn a observé la glycosurie sur un jeune garçon de treize ans; Rollo, sur une jeune fille de douze ans; J. Johnson, sur un enfant de neuf ans (*Med.-chir. Review*, oct. 1838). Morton, Watt, Mac Gregor, ont également donné leurs soins à des enfants diabétiques. A l'hôpital des enfants à Paris, la glycosurie est excessivement rare (Bell, *loc. cit.*). C'est aussi ce que je suis

(1) Bell dit pourtant (dix-septième livraison du *Dictionnaire des études médicales pratiques*) qu'on a cité des cas dans lesquels la maladie a paru être produite par la *grossesse*. Pour mon compte, je n'en ai pas observé. Neumann fait remarquer que toutes les femmes qu'il a vues affectées de diabète sucré n'avaient jamais eu d'enfants, ou du moins n'en avaient pas eu depuis longtemps.

croire. Cependant j'ai été consulté pour des gly- les de presque tous les âges : après le sevrage, deux s ans, cinq ans, dix ans, douze ans ; mais ces malades ontrent à ma consultation que de loin en loin. La on des enfants est active ; en général, ils sont fort ts et dépensent par conséquent leurs aliments glyco- s.

cosurie me paraît devenir plus fréquente après la La *glycosurie est d'autant plus à redouter, que le sujet jeune.* Quand on n'a point passé l'âge de prédilection berculisation pulmonaire (vingt-deux ans), on doit tou- nser à cette fatale complication, et tout faire pour (régime bien conduit, huile de foie de morue, gym- de chaque jour).

ii diabète sucré est plus commun dans la vieillesse s l'enfance. P. Franck et Berndt l'ont vu chez des s de soixante-dix ans. Il ne se passe point d'années où s consulté par plusieurs glycosuriques ayant cet âge ; ne vu des hommes et des femmes glycosuriques qui plus de quatre-vingt-deux ans. Quoi qu'il en soit, il ît certain, en comparant les faits que j'ai observés, rai diabète sucré décroît de fréquence et d'intensité n avance vers les limites de la vieillesse caduque. Cela e qu'on mange moins, et qu'on digère plus difficile- arrivant à cette dernière phase de la vie.

vrages de pathologie disent que l'âge auquel on ren- plus souvent le diabète sucré s'étend de vingt-cinq cinq ans ou de trente à quarante (1). Il est en effet assez à ces âges ; cependant ce n'est point à cette période de u'on l'observe le plus souvent, mais bien de quarante te. Peut-être pour les malades reçus dans les hôpi- période de trente à quarante est-elle la vraie, mais 'est plus pour les glycosuriques de la ville, au moins, nds pour base mon observation personnelle qui em- n nombre si considérable de malades. Voici en quels j'exprime la loi de la fréquence de la glycosurie par aux âges.

ycosurie est plus commune à l'âge où l'on commence prendre d'exercice, en continuant à manger autant nt plus qu'à l'époque où l'on dépensait beaucoup s.

de la *ménopause* est la période de plus grande fré- de la glycosurie chez la femme. A cette époque de la lifférence de fréquence devient moins évidente pour sexes.

ici un tableau de la *fréquence de la glycosurie selon les âges,* à Griesinger, qui confirme l'observation de la plus grande de trente à quarante. Je suis convaincu qu'il s'agit ici, pour rand nombre, de malades admis dans les hôpitaux. Si l'on s'en clinique nosocomiale, c'est en effet entre trente et quarante observe le plus de glycosuriques, mais cette loi n'est plus our les personnes d'une grande aisance qui fournissent en plus grand nombre de glycosuriques.

AGE.	HOMMES.		FEMMES.	
	Cas.	Pour 100.	Cas.	Pour 100.
0 à 10 ans.	3	1,7	3	5,6
10 à 20	22	12,7	14	26,4
20 à 30	42	24,4	14	26,4
30 à 40	49	28,4	11	20,7
40 à 50	31	18,0	5	9,4
50 à 60	11	6,3	3	5,6
60 à 70	5	2,6	2	3,7
70 à 80	2	1,1	0	0,0

Tempérament. — D'après Cawley, le tempérament lymphatique prédisposerait puissamment au diabète. Nicolas et Guedeville, au contraire, regardent cette maladie comme particulière au tempérament musculaire. Ces assertions, qui ne reposent sur rien, sont à peu près de la même force que tout ce qu'on trouve dans les auteurs sur les tempéraments étudiés au point de vue de l'étiologie. Ce sont les conceptions les plus aventureuses de Galien qu'on répète d'âge en âge, tandis que beaucoup de ses grandes et belles observations sont tombées en oubli.

Professions. — C'est à peine si, dans les ouvrages de pathologie, on trouve mentionnées les professions à propos de l'étiologie du diabète, et cependant c'est un des points les plus importants et les mieux remplis d'intérêt. Je n'invoquerai donc ici, pour ainsi dire, que mon observation ; mais elle s'appuie sur des faits assez nombreux pour que je sois convaincu qu'elle m'a conduit à la vérité.

Parmi les professions, celles qui éloignent le plus sûrement les chances de glycosurie, sont celles qui réclament l'emploi le plus régulier des forces jusqu'à la vieillesse ; parmi elles je n'en mets aucune au-dessus des professions agricoles (laboureur, vigneron, etc.), *travail de chaque jour en rapport avec les forces.* Sans doute, j'ai été assez fréquemment consulté par des agriculteurs glycosuriques ; mais presque toujours, avec une interrogation attentive, j'obtenais la certitude que, depuis quelques années, ils avaient abandonné les labeurs des champs. Ils se bornaient à commander, à surveiller les ouvriers, à vendre les animaux aux foires, où les bons repas ne leur faisaient pas défaut.

Les féculents interviennent cependant pour une très-large part dans l'alimentation des habitants des campagnes ; mais le travail énergique de chaque jour régularise l'utilisation complète des aliments glycogéniques.

Si les glycosuriques sont relativement si rares dans les hôpitaux, cela tient d'abord, à n'en pas douter, à ce que la population des hôpitaux se compose en général d'ouvriers gagnant leur vie à la sueur de leur front, et qui, par conséquent, utilisent leurs forces ; puis il est exceptionnel, parmi ces ouvriers, que l'alimentation soit supérieure à la dépense.

Parmi les professions urbaines, celle que je trouve en première ligne dans le bilan de la glycosurie, ce sont les notaires : combien de fois m'est-il arrivé, en voyant entrer dans mon cabinet un homme de cinquante ans, à figure grave, à mise soignée, avec cravate blanche, arrivant des départements pour me consulter, de lui dire tout d'abord : Monsieur, vous êtes notaire, et de recevoir l'aveu de l'exactitude de mon diagnostic professionnel.

Les notaires sont glycosuriques, parce qu'ils sont assidus à leur étude ; retenus par de nombreux clients, ils n'ont souvent le temps que de faire un seul repas trop copieux, ou, quand ils en font deux, ils avalent les morceaux sans les mâcher ; puis ils sont généralement riches, et ils ne dédaignent pas une table bien servie.

A côté des notaires, je suis convaincu que je ne me trompe point en plaçant les curés des grandes villes ; la glycosurie s'observe fréquemment chez eux, et cela se comprend sans peine. L'observance du jeûne conduit à un repas journalier très-abondant ; les heures passées aux offices, au confessionnal, sont des heures de repos corporel presque absolu. On re- naît là les conditions expérimentales de la fréquence re de l'évolution de la glycosurie.

J'ai été consulté pour eux-mêmes par beaucoup de mes confrères. Les médecins ne sont pas épargnés par la glycosurie : elle s'attaque ordinairement aux consultants privilégiés de la fortune, qui sont loin de fuir les bons repas; elle atteint aussi le médecin de campagne qui, pour satisfaire aux exigences d'une grande clientèle disséminée, ne quitte pas sa voiture, s'y endort souvent, et, pressé par ses devoirs professionnels, fait des repas trop rapides et trop abondants.

Toutes les positions sociales dans lesquelles l'homme trouvera une *grande aisance* unie aux préoccupations d'affaires et au repos du corps, fourniront un large contingent à la glycosurie.

Je ne crois pas me tromper beaucoup en disant : *Sur vingt hommes de quarante à soixante ans*, appartenant aux assemblées législatives, aux grandes sociétés savantes, aux positions élevées du commerce ou de la finance, et même de l'armée, on est sûr de trouver *un glycosurique* (1).

Cette fréquence dans les classes aisées n'est-elle pas la vérification la plus nette des principes que j'ai posés ?

Une grande aisance, l'âge aidant, conduit à l'insuffisance du travail corporel ; les repas trop copieux se renouvelant chaque jour mènent à la saturation glycogénique. Survienne une grande préoccupation, la glycosurie éclate, et elle se continue, s'établit, se transforme en habitude morbide avec tous ses dangers, toutes ses fatales complications, parce qu'on descend toujours sur la même pente.

A. BOUCHARDAT.

APPENDICE

NOTE ADDITIONNELLE SUR LA GLYCOGÉNIE (2)

Je ne crains pas d'avouer que la question de la glycogénie, envisagée au point de vue où les physiologistes modernes l'ont placée, semble encore entourée de grandes difficultés. J'emprunte à M. Schiff (Leçons sur la glycogénie animale, *Journal de l'anat. et de la physiol.* de M. Robin, 1866) une exposition très-bien faite des découvertes et des assertions le plus en crédit aujourd'hui.

« Vous connaissez aussi la forme de l'expérience de Cl. Bernard : il tue un animal par la section de la moelle allongée, prend un morceau de foie, le met dans de l'eau, le réchauffe jusqu'à l'ébullition, et obtient ainsi une décoction chargée de sucre. — Le résultat est le même chez les mammifères herbivores ou carnivores, à jeun ou en digestion, et chez les oiseaux ; mais, selon nos recherches faites à Berne et confirmées en partie par Cl. Bernard lui-même, on ne trouve pas de sucre, en procédant de cette manière, ni dans les larves des batraciens, qui en sont complétement dépourvues pendant leur développement, ni dans les batraciens adultes qui sont en hibernation.

» Que le sucre, trouvé par Cl. Bernard, se forme effectivement dans le foie, c'est là un fait confirmé par les recherches de Lehmann, qui montra chez des chevaux, immédiatement après la mort, que le sang de la veine porte n'a pas de quantité appréciable de sucre, tandis que celui des veines hépatiques en contient. Cl. Bernard a confirmé ces résultats et a fait une nouvelle expérience, qui consiste à laver un foie jusqu'à ce que l'eau qui en sort ne contienne plus de sucre, et à l'abandonner ensuite à lui-même : au bout de quelques heures on y trouve une nouvelle quantité de sucre.

» Nous avons depuis longtemps répété et un peu modifié ces expériences. Nous n'avons pas lavé le foie ; nous avons seulement pris à différents intervalles après la mort des morceaux à peu près de la même grandeur, et nous les avons toujours trouvés de plus en plus chargés de sucre ; nous avons vu que le sucre atteint un maximum au bout de quelques heures, et commence ensuite à diminuer.

» A cette époque, on admettait généralement, d'après une théorie autrefois proposée par Cl. Bernard, que le sucre se formait par la transformation d'une substance albuminoïde ; mais, guidé par mes expériences relatives à la formation tardive du sucre dans le foie des grenouilles en hibernation et à l'action des réactifs sur ce foie, appuyé enfin par des recherches sur les éléments microscopiques des cellules hépatiques, j'ai admis, dans une lecture faite à Berne, le 18 mars 1857, l'existence dans le foie d'une substance amyloïde ; j'ai admis qu'elle se transforme continuellement en sucre sous l'influence d'un ferment, qu'elle est la source de la glycose hépatique, et qu'elle sert à la renouveler quand elle a été épuisée. Cette substance offre dans ses réactions quelques ressemblances avec l'inuline, dont elle se rapproche beaucoup plus que des autres substances amylacées; c'est pour cela que j'ai proposé de l'appeler *inuline hépatique.*

» Nous avons prouvé qu'à défaut de ferment, l'inuline s'accumule dans le foie, et que, dans les cas pathologiques comme dans les états fébriles prolongés, c'est le défaut d'inuline qui produit l'absence de sucre dans le foie après ces maladies ; nous avons aussi reconnu que l'inuline se trouve dans le foie sous forme de granulations très-fines. Or, à peu près à la même époque, Cl. Bernard, guidé par des recherches chimiques, aboutit à une conclusion analogue : il trouva dans le foie cette même substance amylacée, qu'il nomma *glycogène ;* il admit aussi l'existence du ferment, mais il le chercha dans le foie et non dans le sang.

» La théorie de Cl. Bernard était généralement admise, lorsque Pavy, de Londres, publia ses recherches, d'après lesquelles le sucre serait un produit de décomposition cadavérique ou d'altération pathologique. Selon lui, la glycogène se forme et se dépose dans le foie, mais ne se transforme pas en sucre à l'état normal, car l'influence nerveuse empêche alors le ferment contenu dans le sang de produire son action chimique ; il soutient que le temps qui s'écoule, dans l'expérience de Cl. Bernard, entre la mort de l'animal et l'examen du morceau de foie, suffit pour former du sucre. Il tue un animal par la section de la moelle allongée, jette immédiatement de petits morceaux de son foie dans de l'eau

(1) La glycosurie est-elle plus fréquente aujourd'hui qu'elle ne l'était autrefois ? C'est une question qui ne peut être sûrement décidée. Je suis assez porté à admettre que, dans certaines conditions sociales, les cas sont plus nombreux aujourd'hui, parce que les causes qui la déterminent sont devenues plus communes (grande aisance, activité intellectuelle, vives préoccupations, repos corporel, fortunes rapides modifiant les habitudes).

Il faut reconnaître aussi que la glycosurie est beaucoup mieux reconnue ; autrefois on succombait aux complications qui marchent à sa suite, et, comme la maladie génératrice diminue souvent quand les graves complications apparaissent, on mourait, qui de phthisie, qui de pneumonie, qui d'anthrax, etc., et la glycosurie qui avait conduit à ces maladies passait inaperçue.

Ce que M. Marchal (de Calvi) a écrit dans son remarquable ouvrage sur la fréquence de la glycosurie doit s'appliquer anx conditions sociales que j'ai réunies sous la désignation commune de *grande aisance*. J'ai souvent dans mes cours exprimé les mêmes pensées (voyez page 37 de mon *Mémoire* de 1851), mais je ne saurais résister au plaisir de citer textuellement M. Marchal, qui les a si bien résumées.

« Le diabète est très-commun, aussi commun qu'insidieux ; le plus » souvent, il a été et il est encore méconnu, parce que, généralement, » ceux qu'il atteint sont très-vigoureusement constitués, et conservent » longtemps leur belle apparence et leur activité.

» Tout homme gras et robuste, qui mange et boit bien, qui est sujet » aux furoncles, qui surtout a eu des anthrax, dont le caractère change, » qui a les gencives ramollies, qui a souffert de la gravelle, du lumbago, » de la sciatique, est suspect d'avoir le diabète, et l'on ne peut trop se » hâter de s'en assurer, à plus forte raison s'il maigrit et s'affaiblit.

» Dans toute maladie à symptômes obscurs il faut penser au diabète.

» Dans aucune maladie l'apparence n'est plus trompeuse que dans » le diabète ; dans aucune la mort n'est plus habile à dissimuler ses » coups. »

(2) Voyez notre tome II, page 246, 11 mai 1865, et notre tome III, p. 55, 16 décembre 1865, leçons de M. Cl. Bernard.

...te préparée d'avance, et obtient ainsi une décoction qui ne ...t pas du tout de sucre, ou qui en contient seulement une ...lite quantité; il attribue celle-ci à une perte de temps ou ...perturbation quelconque de l'animal avant ou au moment ...ort. Pavy fait aussi dans la veine porte des injections de ... ou d'acides aptes à détruire le ferment, et trouve alors ...sans sucre. Il dit enfin que le même foie, dont un morceau ...'après sa méthode ne contient pas de sucre, en donne au ...re si l'on traite un autre morceau d'après la méthode de ...nard.

...ns ces derniers temps, MM. Meissner et Jäger ont con...s résultats de Pavy et les ont même exprimés d'une ma...encore plus absolue. Ils ont expérimenté sur des animaux ... Un animal sain était rapidement saisi, tenu par les jam...n morceau de son foie était excisé, taillé avec des ci...et jeté dans un vase d'eau en ébullition. La décoction ...tenait pas de sucre; au contraire, le reste du foie ...ne animal, traité tout de suite après, selon la méthode de ...rnard, en contenait. Ces derniers auteurs insistent sur ...nd nombre de précautions, surtout sur celle de tailler ...en très-petits morceaux, afin que la chaleur puisse les ...r immédiatement dans toute leur épaisseur; il suffit, à ...ls disent, que la chaleur de l'eau bouillante pénètre un peu ...ent dans le morceau, pour que du sucre puisse se former ...n intérieur. Ils ne croient pas qu'on puisse faire l'ex...e sur des animaux éthérisés ou seulement liés, car cela ...éjà pour déranger l'état absolument normal. Ils ne se pro...t pas sur l'existence d'un ferment dans le foie ou dans le ...t ils avouent qu'il leur est difficile d'admettre la coexis...lu ferment et de la matière glycogénique, sans que la sac...ation s'accomplisse. »

...chiff a répété ces expériences sur des chiens, des chats, ...ins et des cabiais, et il est arrivé exactement aux mêmes ...ts que les précédents expérimentateurs. Seulement, pour ...ang ne contient point de ferment dans l'état normal; mais ... d'une stagnation locale et passagère du courant sanguin ...éterminer la production d'un tel ferment, et rendre alors ...e la formation du sucre, si ce ferment arrive au contact de ...ière glycogène.

...ès s'être assuré que l'empoisonnement par le curare et la ...tion artificielle n'ont aucune influence sur la glycogénie ...ue, tant que le pouls reste normal, M. Schiff a, sur des la...uvert l'abdomen, lié l'aorte et la veine cave au-dessous des ... rénales, lié ou rompu les vaisseaux qui pouvaient donner ...rculation collatérale. Environ dix minutes après, il a exa...n morceau de foie, lequel ne contenait pas de sucre, mais, ...e la ligature des grands vaisseaux fut enlevée, le foie en ...rgé. M. Schiff prit l'urine d'un lapin ou d'un cabiai et y ...a l'absence du sucre. Il opéra ensuite sur ces animaux la ...ssion digitale de l'aorte à travers les parois abdominales. ...al, qui devenait paraplégique, était maintenu en cet état ...t quelques minutes, après quoi on le plaçait dans une as...our recueillir son urine. Cette urine était sucrée. D'autres ...uisse d'un animal fut liée en masse et laissée dans cet état ...t une demi-heure, une heure ou deux heures. La glycosu...si produite durait jusqu'à douze heures. Le bras d'un ... dont l'urine ne donnait point de réaction indiquant la ...ce du sucre fut lié jusqu'à l'arrivée de la paralysie com...u mouvement et de la sensibilité de la main. Lorsqu'on ... la ligature, l'urine contenait du sucre.

...faits démontrent, selon M. Schiff, que « *la stase du sang, ou ...s le ralentissement considérable ou le trouble de son mouve...ont la cause du développement du ferment morbide qui trans...ans le foie la matière glycogène en glycose.* »

...t un point sur lequel nous sommes complétement d'accord, ...iff et moi : c'est que la glycose est produite dans l'écono...imale par le fait de l'action d'un ferment spécial sur la ... glycogène. Pour moi, ce ferment est normalement formé ... pancréas et certaines glandes salivaires. Pour M. Schiff, il se produit dans le sang, lorsqu'on détermine un arrêt de circulation de ce liquide. Je ne demanderai qu'une chose à ceux qui ne sont pas de mon avis : expérimentez comparativement sur la gelée d'amidon avec du suc pancréatique et du sang recueilli dans des vaisseaux où l'on aura considérablement ralenti la circulation. On m'adressera sans doute l'objection suivante : Si le suc pancréatique est absorbé dans l'intestin et transmis au foie, il perd ses facultés spécifiques dans cet organe, puisque, d'après la remarquable expérience de Pavy, le foie d'un animal bien portant et vivant ne renferme pas de glycose. Je répondrai qu'il renferme évidemment du ferment diastasique, puisque, après la mort de l'animal, il se forme dans le foie des quantités considérables de glycose par l'action de ce ferment sur la matière glycogène. La glycose se forme également pendant la vie, puisque, d'après la mémorable expérience de M. Cl. Bernard, on en trouve dans les veines sus-hépatiques. D'où vient-elle? Evidemment du foie. Mais elle est détruite au fur et à mesure de sa production. Le ferment du pancréas conserve son activité spécifique tant qu'elle n'est pas épuisée par son influence sur une quantité suffisante de matière glycogène, et il la conserve dans le sang; il peut même, dans certains cas pathologiques, être éliminé par le rein et apparaître dans l'urine avec ses propriétés caractéristiques.

Je suis loin de prétendre que la stase du sang dans les vaisseaux ne modifie pas la puissance du ferment diastasique; j'ai prouvé il y a longtemps que ce ferment se développait dans presque tous les produits animaux à des degrés divers, variant avec ces produits et leur état de conservation. Mais ce que l'expérience nous apprend, c'est que le pancréas est l'organe producteur normal du ferment diastasique le plus énergique.

Je ne puis quitter ce sujet sans aborder un point sur lequel je ne saurais être d'accord avec M. Schiff.

Il donne le nom d'*inuline hépatique* à la matière glycogène. Je ne vois pas bien les données qui l'ont conduit à adopter cette assimilation. Je n'aperçois, dans son mémoire, que les caractères tirés de l'examen microscopique; mais ils sont insuffisants pour arriver à une pareille conclusion.

L'inuline se transforme en sucre spécial déviant très-fortement à gauche les rayons de la lumière polarisée, tandis que la matière glycogène ne donne que de la glycose déviant à droite ces mêmes rayons, et identique avec celle que fournit la dextrine. Voilà pourquoi je donnerais volontiers à la matière glycogène le nom de dextrine ou de dextrine hépatique, mais jamais celui d'inuline hépatique.

Pour me résumer, je dirai : Je crois à l'identité de la matière glycogène et de la dextrine, mais je ne saurais me prononcer d'une façon absolue sur ce point, me réservant de faire les expériences décisives pour confirmer cette identité; seulement il me paraît dès maintenant certain que la matière glycogène n'est pas identique avec l'inuline, comme l'a dit M. Schiff.

A. Bouchardat.

VARIÉTÉS

Programme météorologique, par M. Dollfuss-Ausset (1)

La journée météorologique doit commencer à minuit et finir à minuit, ce qui suppose vingt-quatre heures d'observations continues. Ces observations doivent avoir lieu d'heure en heure, d'une façon régulière et sans aucune de ces interpolations trop fréquentes.

(1) Ce programme est le résumé d'une correspondance de M. Dollfuss-Ausset, à propos d'une proposition qui lui avait été faite d'organiser à Mulhouse un observatoire météorologique. Il présente un certain intérêt au moment où l'on s'occupe de l'organisation de l'observatoire de Montsouris.

le regrette et il a donné ses motifs devant l'Académie de médecine : il craint que la vue d'un médecin chargé de vérifier les décès n'impressionne fâcheusement les jeunes mères ; à quoi il est facile de répondre qu'il ressemble à tous les autres, et que, dans une grande ville comme Paris, il n'est pas probable qu'on connaisse son visage, à moins qu'il ne soit le médecin de la maison. M. Larrey redoute aussi que ce médecin n'apporte aux nouvelles accouchées, particulièrement accessibles aux influences contagieuses, des miasmes recueillis dans ses visites mortuaires. Mais n'est-ce pas le cas de tout médecin ? et ce qu'on dit de la vérification rapide d'un décès ne s'appliquerait-il pas beaucoup mieux aux autopsies ou au séjour de plusieurs heures dans des salles d'hôpital remplies de varioles, de fièvres typhoïdes, quelquefois de choléras et surtout de fièvres puerpérales ?

M. Milne Edwards a cru devoir revendiquer devant l'Académie des sciences l'honneur de la réforme qui vient de s'accomplir.

« Il arrive souvent, a-t-il dit, que des investigations purement scientifiques fournissent des lumières dont la société pourrait tirer avantage immédiatement, mais dont, à raison de préjugés ou d'autres obstacles difficiles à vaincre, elle ne profite que fort tardivement. *Souvent aussi, lorsqu'une vérité a fait assez de chemin dans le monde pour que* les arts, l'industrie ou *l'administration croient devoir en tenir compte, on a eu le temps d'oublier complètement la source dont elle émane ; mais les hommes d'étude qui ont été les premiers à les faire connaître n'en éprouveront pas moins une satisfaction légitime quand ils voient les résultats de leurs travaux utilisés de la sorte, et l'Académie a toujours permis à ses membres de rappeler à son souvenir la part qui leur appartient dans le progrès accompli.* C'est ce qui me détermine à prendre la parole aujourd'hui, à l'occasion de certaines innovations introduites, il y a peu de jours, par l'administration de la ville de Paris touchant le mode de constatation des naissances. »

M. Milne Edwards rappelle ensuite les anciennes expériences de son frère William Edwards, montrant que chez les mammifères nouveau-nés la fonction productrice de la chaleur est rarement assez puissante pour que la température intérieure de l'organisme puisse se maintenir au degré nécessaire à la vie quand elle doit lutter contre l'influence d'une température ambiante très-froide. Croyant avec raison que les résultats obtenus par son frère sur les mammifères devaient s'appliquer également aux enfants nouveau-nés, M. Milne Edwards entreprit avec M. Villermé des recherches statistiques d'où il résulta que la mortalité des nouveau-nés était plus considérable dans les mois d'hiver que pendant le reste de l'année. Ceci fut exposé à l'Académie des sciences en février 1829. Plus tard, en 1838, sur la demande de M. Milne Edwards, le ministère réunit des documents qui établirent que l'excès de mortalité des nouveau-nés pendant les mois d'hiver était plus considérable, toutes choses égales d'ailleurs, dans les communes à territoire étendu, où la distance à faire parcourir aux nouveau-nés pour les transporter à la mairie était plus considérable.

« Quelques années après, continue M. Milne Edwards, tous ces résultats furent corroborés par d'autres observations analogues dues à M. Loir, qui demanda également avec instance des réformes législatives à ce sujet. »

Tout le monde connaît les nombreux travaux de M. le docteur Loir, et l'activité qu'il déploya pour intéresser l'opinion publique et les corps savants à une réforme hygiénique aussi importante que facile à opérer. M. Milne Edwards nous apprend que les expériences de son frère et les documents statistiques lui en avaient déjà révélé l'utilité dès 1829. C'est très-bien. Mais alors, pourquoi, lorsque l'autorité et l'influence lui furent venues avec les honneurs officiels, pourquoi n'a-t-il pas aidé M. Loir dans ses efforts si méritoires ? Depuis trente ans, M. Milne Edwards ne paraît s'être souvenu de la question qu'un seul jour, celui où elle a été résolue. L'honneur d'avoir préparé cette réforme reste donc tout entier à celui qui a courageusement lutté pour l'obtenir et dont le nom s'était en quelque sorte identifié avec la question.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Académie française
de l'Académie des sciences de Paris et de la Société royale de Londres

I

La médecine d'observation et la médecine expérimentale

Messieurs,

Nous allons reprendre nos études de médecine expérimentale, interrompues, bien contre mon gré, depuis trois ans. J'ai lieu de regretter à tous égards cette interruption ; car cette lacune de trois ans dans ma vie scientifique est un temps précieux, qui est perdu ; cependant peut-être verrez-vous plus tard qu'il ne l'a pas été tout à fait. Malheureusement pour moi, j'ai eu tout le temps de la réflexion, et j'ai pu utiliser les loisirs que m'a laissés la souffrance à réunir mes idées et à former des projets d'études qui ne seront pas inutiles à l'enseignement que nous allons reprendre. Je n'ai plus maintenant qu'un désir, c'est que ma santé, dont l'état actuel m'obligera peut-être quelquefois à faire appel à votre indulgence, se raffermisse peu à peu et me permette de rendre encore quelques services à la science à laquelle j'ai consacré ma vie entière.

La médecine est-elle une science, oui ou non ? C'est là une question qui est constamment à l'ordre du jour dans le monde médical et qui a reçu et reçoit encore les solutions les plus contradictoires.

Il y a des personnes aux yeux desquelles la médecine est une science constituée, et même, au dire de quelques-unes, cette science est arrivée à l'état positif (2). Quelques-uns admet-

(1) Voyez le dernier cours de médecine expérimentale de M. Claude Bernard (37 leçons publiées *in extenso*) dans notre tome II, année 1865. — Voyez en outre dans nos tomes I (1864), II (1865) et III (1866), deux cours de *Physiologie générale*, l'un sur les *Propriétés des tissus vivants*, l'autre sur les *Liquides de l'organisme*, faits à la Faculté des sciences de Paris, par M. Claude Bernard, reproduits *in extenso*, et embrassant l'ensemble de cette science. — Voyez aussi diverses lectures de M. Claude Bernard, notamment sur le cœur, dans notre tome II, page 314, 8 avril 1865 et notre tome V, page 420, 30 mai 1868 ; sur les phénomènes d'organisation et de connexions organiques dans notre tome V, page 1, 7 décembre 1867 ; sur l'observation et l'expérimentation en physiologie dans notre tome V, page 520, 11 juillet 1868, etc.

(2) Dubois (d'Amiens), *Discours sur la distribution des prix de l'Académie de médecine*, 1865.

'exemple de Cabanis (1), que la médecine peut devenir nce conjecturale, tandis que d'autres affirment qu'elle jamais qu'un art, et même qu'un métier (2).

mment toutes ces opinions doivent trouver des argu-t ont, par conséquent, leur raison d'être.

assurément permis de dire que la médecine est une et même des plus anciennes, puisque Hippocrate, it 460 ans avant Jésus-Christ, en est considéré comme ou le fondateur. D'un autre côté, on peut cependant r qu'après vingt-trois siècles de pratique et d'enseigne-ette science médicale en est encore à se demander si ent elle existe. Elle présente en effet ce triste spectacle hommes ignorants, des charlatans, peuvent y réussir pratique mieux que de savants médecins qui ont passé ur vie à étudier. Il y a donc là des raisons de croire médecine n'est pas encore faite ; car, jamais dans les constituées, il n'arrivera qu'un savant et un ignorant être confondus. Ici, j'ai pour mission de vous ensei-médecine scientifique ; il faut donc que je vous fasse connaître mon opinion sur la question de savoir si la e est ou non une science. Cela, du reste, nous con-rectement au cœur du sujet que nous avons à traiter. maintenant vingt-deux ans que j'ai l'honneur de r au Collége de France, soit comme suppléant de Ma-soit comme professeur titulaire.

en, en 1847, lorsque j'inaugurais mon cours, voilà ce disais en commençant : « La médecine scientifique e suis chargé de vous enseigner n'existe pas. La seule qu'il y ait à faire, c'est d'en préparer les bases pour les tions futures, c'est de faire la physiologie sur laquelle science doit s'établir plus tard ».

connaissais donc que la médecine n'était point alors nce, mais j'admettais qu'elle pouvait le devenir, et s qu'elle ne le deviendrait que lorsque la physio-rait suffisamment développée pour lui servir de base. is, il était loin de ma pensée de nier le génie d'Hip-et j'étais plus éloigné encore de lui refuser le nom, i donne ordinairement, de père et de fondateur de la ne.

eux propositions semblent au premier abord impli-ntradiction. Mais ce désaccord disparaîtra quand je rai montré qu'il faut distinguer en quelque sorte deux nes, différentes par le point de vue auquel elles se pla-si bien que par leur but. En effet, la médecine consi-ns son ensemble renferme à la fois une science d'ob-n et une science expérimentale. La médecine d'obser-it l'histoire naturelle des maladies ; la médecine expé-le fait la physiologie des maladies. Or, aujourd'hui ce médicale existe, en tant que science naturelle ervation, mais elle n'existe pas encore comme science entale.

Hippocrate qui est regardé à juste titre comme le fon-de la médecine d'observation ; la médecine expéri-attend son fondateur, parce que la physiologie com-peine à se constituer.

les autres sciences, comme dans la médecine, on ne phase de science d'observation et une phase de expérimentale. On peut dire cependant que ces deux périodes, quoique très-distinctes par leur but, appartiennent à une même évolution scientifique. Il est impossible qu'une science, quelle qu'elle soit, ne commence pas par une phase d'observation purement contemplative des phénomènes. La phase scientifique expérimentale, qui est active et explicative des phénomènes, ne vient qu'après celle-là, elle représente un état plus avancé de notre connaissance.

Les sciences qui étudient des phénomènes à notre portée peuvent seules devenir des sciences expérimentales. L'astronomie, par exemple, est condamnée à rester toujours science d'observation, parce qu'elle ne pourra jamais agir expérimentalement sur les astres, objets de ses études.

En un mot, la science d'observation observe les phénomènes, les classe, les caractérise et arrive à en prévoir le cours naturel ; la science expérimentale explique les phénomènes, remonte expérimentalement à leur cause, c'est-à-dire à leurs conditions d'existence, et arrive ainsi à les régler et à les modifier à son gré. Depuis longtemps on a dit que le but de la science est la *prévision* : cela est vrai dans les sciences d'observation ; mais pour les sciences expérimentales le but c'est l'*action*.

Revenons maintenant à la médecine d'observation et à la médecine expérimentale.

La médecine d'observation, avons-nous dit, est fondée depuis Hippocrate ; de sorte que ceux qui font allusion à ce côté de la médecine ont raison de dire qu'elle est constituée scientifiquement. Cette médecine a pour objet le pronostic, le diagnostic, la nosologie. Là l'ignorant ne pourra être confondu avec l'homme instruit, et celui qui n'aura pas étudié la clinique, l'anatomie pathologique, la sémiotique, en un mot, la science médicale d'observation, sera incapable de résoudre les problèmes relatifs à l'histoire des maladies.

La médecine expérimentale correspond à la thérapeutique, au traitement des maladies. Aujourd'hui, cette médecine n'existe pas encore : elle est plongée dans l'empirisme. Là l'ignorant, le charlatan et le médecin instruit se confondent plus d'une fois ; de sorte que ceux qui se placent au point de vue du traitement des maladies ont vraiment raison de dire que leur médecine n'est pas encore une science.

Dans les sciences, il se présente toujours ainsi deux points de vue ou deux problèmes distincts et successifs : 1° connaître et prévoir les phénomènes naturels ; 2° agir sur ces phénomènes. Ces deux problèmes se posent ensemble dès le début de la science, et ils ne peuvent cependant être résolus que l'un après l'autre. En général, la science ne sent le besoin de devenir active qu'après avoir été contemplative. Mais la médecine s'est trouvée dans un cas particulier, en ce sens que, dès son début, elle a été en quelque sorte forcée d'agir, parce qu'elle a compris tout de suite que son vrai problème c'était l'action. Si Pinel a pu définir la médecine en disant : « une » maladie étant donnée, trouver sa place dans un cadre nosologique », il est évident qu'il posait ainsi un problème très-restreint, dont la solution pouvait peut-être satisfaire un nosologiste, mais qui devait être bien loin de contenter un vrai médecin et surtout le malade.

Le véritable but de la médecine, c'est le traitement et la guérison des maladies. L'observation seule ne peut suffire pour atteindre scientifiquement ce but ; il faut nécessairement recourir à l'expérimentation. Sans doute, les observations empiriques que l'on a déjà rassemblées sur l'action des médicaments sont utiles au médecin. Dans les autres sciences comme

banis, *Du degré de certitude en médecine.*
ousseau, *De l'empirisme.*

dans la médecine l'empirisme a précédé aussi la science expérimentale. Mais c'est seulement lorsqu'on a possédé la théorie et l'explication exacte des phénomènes, que les sciences expérimentales ont pu prendre leur essor. Voilà pourquoi le traitement empirique des maladies, que l'on pratique depuis un temps immémorial, n'a jamais pu constituer la thérapeutique scientifique, c'est-à-dire la vraie science médicale expérimentale. Pour cela, il faut que la physiologie expérimentale soit fondée, et que le médecin soit en état de comprendre le mécanisme des maladies et l'action des agents médicamenteux.

Aujourd'hui, un médecin appelé près d'un malade est donc à la fois dans la science et dans l'empirisme. Il s'appuie sur une science d'observation quand il reconnaît l'affection de son malade; mais, quand il la traite, il n'a pour guide que l'empirisme, et il agit souvent au milieu de l'obscurité la plus complète. Cet état boiteux de la médecine qui, en ce moment, n'est, en quelque sorte, qu'une moitié de science, explique les opinions contradictoires qu'on peut émettre sur son compte, et motive notre distinction d'une médecine d'observation, qui est constituée, et d'une médecine expérimentale, qui est encore une science à faire.

En disant que la médecine d'observation est une médecine constituée, nous ne voulons pas dire que ce soit une science finie. Les sciences ne sont jamais terminées. Tous les jours, on peut faire, et l'on fait en réalité de nouveaux progrès dans la connaissance des maladies, dans la sémiotique qu'on perfectionne en lui appliquant des procédés empruntés aux sciences physico-chimiques. Mais tout cela est indépendant du traitement des maladies, et, sous ce rapport, la médecine hippocratique ou d'observation n'aboutit au fond qu'à l'expectation.

La médecine expérimentale est la science qui fait la physiologie des maladies comme on fait la physiologie des fonctions normales; elle recherche les effets des médicaments sur l'être vivant comme on étudie le mode d'action des agents nutritifs ou excitateurs organiques normaux. Elle aboutit donc directement à la thérapeutique. Cette science n'a pas encore trouvé ses principes; mais son avénement se prépare par les découvertes rapides et brillantes que fait chaque jour la physiologie expérimentale.

Ainsi se trouve résolue cette question, que nous avons posée en commençant : la médecine est-elle une science? Oui, la médecine est une science; mais elle n'est pas encore développée dans toutes ses parties, elle n'est point encore arrivée à l'état de science expérimentale, ce qui est précisément la partie active de la médecine, c'est-à-dire celle qui répond à l'application.

Dans l'état actuel de la médecine, quelle doit être la nature du cours de médecine au Collége de France? Je vous ai souvent entretenu du but particulier de l'enseignement de la médecine dans cet établissement, je vous ai dit que le cours de médecine du Collége de France ne faisait en aucune façon un double emploi avec ceux de la Faculté de médecine, qu'il n'y avait aucun rapport, aucune relation, entre ce que doit traiter un professeur de médecine au Collége de France et ce que doit enseigner un professeur de Faculté.

Les deux établissements ont des destinations tout à fait distinctes. Le professeur du Collége de France doit étudier les questions obscures, les tendances et les méthodes nouvelles de la science qu'il représente, mais il ne doit pas du tout embrasser cette science dans son ensemble. Je dis cela parce que, pour ne pas comprendre le genre d'enseignement que nous devons faire ici, on a souvent adressé des reproches mal fondés au cours de médecine du Collége de France. Certaines personnes ont même prétendu que, le titulaire actuel de cette chaire du Collége de France ne faisant que de la physiologie, il fallait appliquer à son enseignement le nom de cours de physiologie et supprimer du programme le mot de médecine.

Le cours de médecine du Collége France est un cours libre qui représente la marche des idées dans la médecine suivant les différentes époques. Aussi ne saurait-on établir aucun rapport de tradition entre les enseignements des hommes célèbres qui se sont succédé dans la chaire de médecine du Collége de France (1). Il suffit en effet de jeter un coup d'œil sur la liste de ces professeurs, pour voir que le cours s'est modifié suivant les époques et selon les idées du moment pour rester en rapport avec les progrès de la médecine. Chaque science est constituée par un ensemble de connaissances que ne pourrait embrasser un seul homme. D'un autre côté, chaque science, dans son évolution, ne s'accroît et ne se perfectionne jamais dans toutes ses parties à la fois; elle effectue au contraire, à des moments différents, des progrès partiels sur certains points, et ce sont tous ces progrès réunis qui constituent plus tard la science totale. La médecine marche de la même manière que les autres sciences. A diverses époques, les études anatomiques et chirurgicales, la matière médicale, le diagnostic, se sont plus spécialement développés. Le Collége de France a suivi toutes les oscillations dans le progrès de la science médicale, et c'est la raison pour laquelle les hommes qui se sont succédé dans la chaire de médecine du Collége de France ne se ressemblent aucunement par la partie de la médecine qu'ils ont enseignée. On ne les trouve point reliés entre eux par une tradition commune; chacun reste libre dans ses allures, comme la marche de la science elle-même.

Par exemple, lorsqu'un de mes plus illustres prédécesseurs, Laennec, découvrit l'auscultation, il était certainement dans son rôle en l'enseignant au Collége de France, car il faisait un cours sur un point nouveau de la science qui caractérisait la tendance de la médecine de son temps vers le diagnostic. Il a représenté cette période du progrès médical, et il a créé l'auscultation, découverte glorieuse pour la France et une des plus grandes conquêtes de la médecine moderne. Mais en enseignant aujourd'hui l'auscultation dans la chaire du Collége de France, le professeur manquerait à sa mission. C'est à l'École de médecine que cette partie de la science doit être maintenant enseignée, parce qu'elle est devenue classique. Le professeur de l'École de médecine et celui du Collége de France doivent poursuivre un but opposé. Le premier voit la science dans son présent; il ne donne que ce qui est acquis et établi, évitant ainsi de troubler ou d'égarer l'esprit des débutants en les conduisant dans des routes encore inexplorées ou incertaines. Le second, au contraire, voit la science dans l'avenir, se préoccupe des tendances dans lesquelles cette science marche, et dirige de ce côté l'esprit des jeunes médecins. Il faut sans doute qu'un médecin soit un homme capable de porter immédiatement secours au malade qui l'appelle, et possédant à cet effet toutes les ressources que la

(1) Voyez *Mémoire historique et littéraire sur le Collége royal de France*. Paris, 1758.

médecine pratique actuelle peut lui fournir ; mais il faut en même temps qu'il soit aussi un homme capable de comprendre dans quelle voie marche la science médicale, et qu'il puisse la suivre dans ses progrès.

Je ne fais donc pas de la physiologie en vue de la physiologie elle-même, mais bien parce qu'elle est la base de la médecine scientifique. En exposant ici les principes de la médecine expérimentale, je suis dans mon rôle de savant et de professeur de médecine du Collége de France ; car en faisant tous mes efforts pour coopérer, par mon enseignement et par mes propres travaux, à la fondation de la médecine expérimentale, je suis, si l'on peut ainsi dire, fonction de mon temps, puisque je ne fais qu'exprimer les tendances de la médecine scientifique actuelle.

Mais il y a un point sur lequel je désire arrêter un instant votre attention. Chercher à fonder la médecine scientifique sur la physiologie, me direz-vous, cela n'est pas nouveau. De tout temps on a dit que la médecine devait avoir pour base la physiologie, et même encore tout près de nous, Broussais, par exemple, avait donné au système de médecine qu'il professait le nom de *médecine physiologique*, pour qu'on ne se trompât point sur ses idées, et pour bien montrer que, suivant lui, la physiologie devait servir de base à la médecine. A ce compte, vous pourriez donc me dire que la voie dans laquelle je veux vous engager aujourd'hui, et que je vous donnais tout à l'heure comme nouvelle, est au contraire très-ancienne. Eh bien non ! C'est le même nom sans doute, mais la chose est essentiellement différente. On pourrait admettre, en effet, que, de tout temps, la physiologie a servi de point d'appui à la médecine, parce que, de tout temps, les théories médicales ont été en rapport avec les idées physiologiques régnantes. Chez Hippocrate, chez Galien, on trouverait ainsi que les idées physiologiques et les idées médicales se correspondent. On serait donc en droit de soutenir que déjà la médecine d'alors était fondée sur la physiologie. A des époques plus rapprochées de nous, en étudiant les grands expérimentateurs, tels que Harvey, Graaf, Aselli, Pecquet et bien d'autres, on verrait encore que leurs expériences physiologiques servaient de point de départ à des théories médicales. Tout cela est très-vrai ; mais aujourd'hui il ne s'agit plus d'idées physiologiques ou médicales vagues et systématiques, il s'agit de la physiologie expérimentale, qui est une science parfaitement définie.

Je ne veux pas entrer ici dans des explications qui trouveront mieux leur place plus tard ; mais je dirai seulement qu'il ne faut pas confondre les systèmes physiologiques par lesquels on explique tout en partant de quelques faits physiologiques qu'on généralise trop, avec la physiologie expérimentale qui n'explique que ce qu'elle prouve en laissant inexpliqué tout ce qu'elle n'a point encore atteint par l'expérimentation. De même, en médecine, il ne faudra pas confondre les systèmes médicaux, qui expliquent toutes les maladies, avec la médecine expérimentale qui n'applique la physiologie à l'interprétation des maladies que là où les faits le permettent, laissant de côté et dans l'obscurité tout ce que l'expérimentation médicale n'a point encore éclairé.

La physiologie et la médecine expérimentales doivent donc marcher de faits en faits, d'expériences en expériences. Aujourd'hui, il y a des maladies où la physiologie peut apporter de lumineuses explications ; mais il y en a d'autres pour lesquelles aucun rapprochement n'est encore possible : telles sont par exemple, la rougeole, la scarlatine, la variole, etc. Mais, si cela est impossible aujourd'hui, cela tient simplement à notre ignorance, et il est certain qu'avec le temps le flambeau de la physiologie éclairera tout le champ de la pathologie.

Le grand principe de la médecine expérimentale, qui est en même temps celui de toutes les sciences expérimentales, c'est de ne marcher que d'expérience en expérience, et de ne pas faire de théories qui ne soient établies par l'expérimentation. Malheureusement, l'homme a eu une tendance innée à tout expliquer du premier coup, et cette tendance à systématiser a égaré toutes les sciences pendant un temps plus ou moins long. C'est seulement quand la science expérimentale est développée qu'elle n'a plus à craindre l'envahissement des systèmes ; elle devient alors au contraire antisystématique. Aujourd'hui, bien que les systèmes médicaux ne soient plus à redouter, parce que la science physiologique est déjà trop avancée, cependant peut-être trouverait-on des médecins qui poussent les explications physiologiques plus loin que les faits ne le comportent. C'est là mal servir la cause de la médecine expérimentale, qui doit savoir attendre, car les explications prématurées ne peuvent que la compromettre et la retarder dans sa marche.

C'est dans cette voie de la médecine expérimentale que nous sommes engagés et que nous allons continuer à marcher. Quand je disais ici, en inaugurant mon cours en 1847, que la médecine scientifique n'existait pas, vous savez maintenant que je faisais allusion à la médecine expérimentale. Voilà pourquoi j'ajoutais qu'il fallait faire de la physiologie expérimentale, bien convaincu que c'était alors la meilleure manière de servir la cause de la médecine scientifique. C'est ce que j'ai fait pendant douze ans, de 1847 à 1859, et j'ai même eu le bonheur de trouver dans cette voie des filons inexplorés, qui ont donné à la science des faits imprévus, et soulevé, je crois, des questions nouvelles et fécondes.

Mais, dans ces derniers temps, les sciences physiologiques expérimentales ont réalisé des progrès considérables. De tout côté, on les a vues s'introduire dans la médecine comme des éléments nécessaires pour les explications pathologiques et thérapeutiques. Partout aujourd'hui, on constate une tendance bien marquée de l'esprit médical moderne vers une médecine scientifique fondée sur la physiologie. Les médecins ne sauraient maintenant rester indifférents à cette direction scientifique qui apparaît en médecine. Quant à moi, ce que j'ai cru utile de faire en 1859 pour m'associer à ce progrès, ç'a été d'inaugurer un cours de médecine expérimentale. Mais les moyens m'ont manqué pour réaliser cet enseignement difficile. Aujourd'hui, je me trouve dans de bien meilleures conditions pour reprendre ces études ainsi que je vous l'expliquerai bientôt.

Il y a vingt-deux ans, j'ai pu vous dire : la médecine expérimentale n'existe pas. Aujourd'hui, je dois vous répéter encore : la médecine expérimentale que je veux vous enseigner n'est pas encore définitivement constituée, mais on la pressent et on la voit poindre à l'horizon scientifique ; on en saisit déjà quelques traits principaux, on peut dès à présent poser un certain nombre de jalons et de principes qui nous servirons à délimiter et à caractériser cette science nouvelle.

Je pense en effet qu'il existe actuellement un assez grand nombre de faits prouvant d'une manière évidente que la phy-

siologie doit être la base de la médecine active. On peut déjà rapprocher un certain nombre de phénomènes pathologiques des phénomènes physiologiques, et montrer que ce sont au fond les mêmes lois qui régissent les uns et les autres. Pour faire de la médecine expérimentale, il fallait d'abord se lancer vigoureusement dans la voie de l'expérimentation : c'est Magendie qui a le plus fait pour donner cette impulsion. Mais cela ne suffisait pas ; il faut non-seulement expérimenter, il faut encore avoir en expérimentant un but bien déterminé, savoir ce que l'on veut faire, définir le but que l'on veut atteindre, tracer les règles de la critique expérimentale qui seule peut conduire à instituer de bonnes expériences et à éviter les causes d'erreurs qui sont si faciles dans ces études complexes et délicates. Il faut en un mot fixer les méthodes et les procédés d'expérimentation physiologique, pathologique et thérapeutique. Il n'est pas aussi facile qu'on le croit de faire des expériences sur les êtres vivants ; ce sont de toutes les expériences les plus difficiles à exécuter, parce qu'il s'agit des phénomènes de la vie qui sont les plus complexes qu'on puisse trouver. Cependant on se croit en général capable de faire ces expériences sans apprentissage. C'est une preuve que cette science de la médecine expérimentale est encore dans l'enfance ; mais c'est en même temps une raison de plus pour redoubler nos efforts.

Je n'ai donc pas, ainsi que vous le voyez, la prétention de vous exposer une médecine expérimentale toute faite. Son évolution se fera avec le temps et son développement appartient à l'avenir. Tout ce que je puis faire, c'est de hâter, autant qu'il est en moi, l'avénement de la médecine scientifique expérimentale, en engageant la jeunesse médicale dans la voie scientifique nouvelle.

J'avais eu l'intention de vous donner cette année un aperçu général du développement de la médecine expérimentale, en vous montrant comment elle avait dû passer successivement par un premier état d'empirisme qui avait précédé la médecine d'observation, puis arriver progressivement et par le fait même de son évolution naturelle, en passant encore par un second empirisme expérimental, à l'état de science expérimentale, qui est l'expression scientifique la plus élevée, car alors la science se rend maîtresse des phénomènes. J'ai, en effet, exprimé cette opinion qui est ma conviction profonde, à savoir, que la physiologie expérimentale doit se rendre maîtresse des phénomènes de la vie, absolument comme les sciences expérimentales, la physique et la chimie, se sont rendues maîtresses des phénomènes des corps inertes. Je vous développerai ma pensée à ce sujet dans les leçons qui feront l'objet de ce cours, et je vous prouverai j'espère, que si les phénomènes de la vie ont des caractères qui leur sont propres, cela ne veut pas dire qu'ils échappent à la méthode expérimentale. Leur complexité les rend seulement plus difficiles à saisir.

Mais j'ai dû renoncer à mon premier programme par suite de modifications survenues tout récemment dans mon enseignement, par suite de l'installation de l'École pratique des hautes études.

Lorsque, l'année dernière, le ministre de l'Instruction publique a demandé à divers savants des rapports sur l'état des sciences en France, j'ai, comme les autres, répondu à cet honorable appel. Je profitai naturellement de cette occasion pour indiquer les difficultés qui s'opposent chez nous au progrès des sciences physiologiques, et pour exprimer les besoins les plus urgents de la science que je cultive ; or ces besoins sont surtout relatifs aux moyens matériels de travail dont la physiologie doit être pourvue afin de se développer et de pouvoir scruter les phénomènes de la nature vivante.

Il y a, dans les sciences, deux grandes catégories, celles de l'esprit et celles de la nature.

Les sciences de l'esprit ont besoin de bibliothèques et de collections où se trouvent rassemblés les divers monuments de l'esprit humain ; voilà leur domaine. Mais les sciences de la nature étudient les phénomènes de la nature, ce qui les place dans des conditions toutes différentes. Les sciences naturelles ont besoin d'amphithéâtres et de vastes musées qui représentent en quelque sorte la nature en miniature. Mais les sciences expérimentales seules exigent des laboratoires dans lesquels se trouvent tous les instruments et tous les moyens d'analyse qui peuvent leur permettre de pénétrer dans le mécanisme des phénomènes intimes manifestés, soit par les corps bruts, soit par les êtres vivants.

Aujourd'hui on ne renvoit plus la physiologie aux bibliothèques, aux livres des anciens et aux descriptions anatomiques ; on la reconnaît comme la science expérimentale des corps vivants. Si elle a d'abord été confondue, dans son développement, avec les sciences naturelles et anatomiques, on peut dire que, de nos jours, elle se constitue et conquiert son autonomie. Cette séparation est déjà un fait accompli à l'étranger; l'enseignement de la physiologie et celui de l'anatomie y sont devenus des enseignements distincts. De plus, en Allemagne, en Russie et ailleurs, la physiologie est pourvue de laboratoires splendides dans lesquels on trouve tous les moyens d'étudier, soit la physiologie générale, soit la médecine expérimentale.

La physiologie est de toutes les sciences expérimentales la dernière venue, et elle s'est développée la dernière parce que les sciences se développent d'autant plus facilement qu'elles sont plus simples. La physique et la chimie, qui sont des sciences expérimentales plus simples, ont été constituées les premières ; depuis fort longtemps elles sont pourvues de laboratoires et de tous les moyens de développement. Mais pendant longtemps la physiologie fut considérée comme une science idéale et même romanesque, car on l'appelait le « roman de la médecine » ; elle n'avait pas encore conquis sa place parmi les sciences expérimentales, elle était complétement négligée comme science pratique, et l'on croyait qu'il suffisait de l'étudier dans les livres.

Je demandai donc, dans mon rapport au ministre, que la physiologie, cette science qui sera une des gloires du XIXe siècle, fût traitée selon son importance, et pourvue en France des moyens de développement qui lui manquent. Cette réclamation me semblait d'autant plus juste que la France ne pouvait rester en arrière dans la culture de cette science après s'être placée à la tête du mouvement pour sa création. La physiologie expérimentale n'a pu réellement commencer à se constituer que vers la fin du siècle dernier et au commencement de celui-ci, parce qu'il lui fallait, pour devenir autonome et indépendante, trois points d'appui essentiels : les sciences physico-chimiques, l'anatomie générale ou l'histologie, et l'investigation directe sur les êtres vivants. Lavoisier, Bichat et Magendie sont les trois puissants promoteurs de cette science nouvelle, et leurs noms appartiennent à la France.

La sollicitude du ministre de l'instruction publique pour

ces est bien connue des savants. Quant à moi, je puis je l'ai trouvé dans les meilleures intentions pour favo- léveloppement pratique de la physiologie expérimen- t il a parfaitement compris l'importance et l'avenir. installation de laboratoires physiologiques avait été faite à la Faculté des sciences, et d'autres étaient s au Collége de France. Mais ces installations, très- es pour moi et pour le service ordinaire de mes ne répondaient pas complétement à mes vues. Je point voulu demander seulement qu'on favorisât par- ment dans leurs études un ou plusieurs physiolo- 'intérêt de la science réclamait une véritable organi- e l'enseignement physiologique et l'installation de ires communs où des élèves nombreux puissent venir aux études pratiques de la physiologie expérimentale. là, du reste, les idées générales qui ont présidé à sation de l'École pratique des hautes études fondée ministre.

a formation d'un laboratoire de ce genre était abso- impossible, soit à la Sorbonne, soit au Collége de L'espace manquait, et l'espace est une des premières ns pour les études de physiologie et de médecine expé- le. Ainsi, il nous a toujours été impossible de poursui- expériences de physiologie évolutive ou de pathologie entale au laboratoire du Collége de France, parce que naux se trouvaient placés dans de si mauvaises con- hygiéniques que les phénomènes que nous voulions ne se développaient point; ou bien, il arrivait que les x mouraient de maladies intercurrentes et non des dont nous avions voulu étudier les effets. C'est alors ministre, dans son désir de fournir à la physiologie des pratiques de développement en harmonie avec son nce, m'a proposé de transférer mon enseignement au n d'histoire naturelle, parce que là seulement pouvait ver l'espace nécessaire à l'installation d'un grand labo- de physiologie.

ysiologie expérimentale devra donc être reconnais- nvers le ministre, puisque nous aurons maintenant en des laboratoires où de jeunes physiologistes pourront er en grand nombre, à l'instar de ce qui se passe en gne et ailleurs.

uestion des laboratoires est une condition essentielle lité pour les sciences expérimentales. Il ne faut pas en effet, que ce soit dans les cours qu'on fasse les sa- dans les cours, on peut seulement donner des idées es sur une science et en faire naître le goût. C'est laboratoire, quand on est aux prises avec les phéno- eux-mêmes, que l'on devient savant.

organisation des études physiologiques expérimen- iste à l'étranger sur une vaste échelle, mais elle man- bsolument en France. C'est pour cela qu'en France il veloppé si peu de jeunes physiologistes, tandis qu'en gne, par exemple, il s'en forme un si grand nombre. gnement de la physiologie expérimentale se trouvait ée chez nous dans un cercle vicieux. On demandait mmes des travaux et des titres pour conquérir une po- cientifique, et, d'un autre côté, on ne donnait aucun d'étude aux jeunes gens. Il en résultait que ce n'était prix des plus grands efforts, — quand on ne succom- s en route, — que l'on parvenait à percer, et tou- ardivement. Une fois arrivé, on pouvait sans doute trouver des moyens de travail individuel, mais alors il était le plus souvent trop tard, parce qu'on était épuisé et incapable de fournir une nouvelle carrière. Une bonne organisation de l'enseignement des sciences doit toujours avoir en vue la jeunesse, parce que c'est elle qui forme la pépinière de savants où se recrute incessamment la science. C'est chez la jeunesse, en effet, que se trouve une force vive qu'il faut utiliser tout de suite au lieu de la laisser s'égarer dans des directions sans issue ou se perdre dans des luttes stériles. Il faut donc donner aux jeunes gens tous les moyens d'études; et, quant aux savants qui ont mûri dans la pratique scientifique, ils deviennent naturellement les guides et les initiateurs de ceux qui entrent dans la carrière. Tel est le rôle que je voudrais remplir maintenant et qui m'est tout tracé par les modifications que vient de subir mon enseignement.

C'est en quelque sorte pour me mettre tout de suite à l'œuvre et pour entrer dans les idées qui ont présidé à la création de l'enseignement pratique des sciences, que j'ai choisi pour sujet de mon cours de cette année la *technique expérimentale* appliquée à la physiologie et à la médecine expérimentale. Vous verrez, sans doute, que la méthode expérimentale, qui s'applique à l'expérimentation sur les corps vivants, n'est pas une méthode différente de celle qui s'applique à l'étude des phénomènes des corps bruts. Cependant il y a, dans les procédés et dans les moyens employés, des différences très-grandes. En effet, bien qu'on puisse étudier les corps vivants par des moyens analogues à ceux à l'aide desquels on étudie les corps inertes, on ne peut cependant contester qu'un corps vivant ne diffère d'un corps brut. Un corps vivant a quelque chose de particulier et de spécial qui introduit des modifications sinon dans la méthode, du moins dans les procédés d'expérimentation.

L'expérimentation sur les phénomènes de la vie est la plus difficile et la plus complexe de toutes. Mais je dois ajouter qu'on a des idées fausses sur l'expérimentation en physiologie et en pathologie. On s'imagine, en général, que cette expérimentation est très-facile; tout le monde se croit capable de la pratiquer sans l'avoir apprise. C'est de là que viennent tant de mauvaises expériences, contradictoires en apparence, c'est-à-dire mal définies, qui obscurcissent les questions, encombrent la science et retardent sa marche. J'espère vous prouver, dans la suite de ces leçons, que les expériences sur les êtres vivants, quand elles sont bien faites, sont soumises à une détermination précise et absolue; ce n'est qu'à cette condition que la science peut exister.

Mais l'art expérimental en physiologie et en médecine expérimentale est encore dans l'empirisme le plus grossier, et il est de la plus haute importance d'introduire dans cette expérimentation une critique et une discipline rigoureuses, comme il en existe dans les sciences expérimentales physico-chimiques.

En étudiant cette année la technique expérimentale, je ferai donc, en quelque sorte, une espèce d'introduction aux études pratiques qui s'exécuteront dans le laboratoire dont l'installation sera, j'ai tout lieu de le croire, poursuivie le plus activement possible. Ainsi nous reprenons nos anciennes études, mais en même temps nous inaugurons, cette année, une ère d'enseignement vraiment nouvelle, qui, je l'espère, sera féconde pour l'enseignement de la physiologie générale et de la médecine expérimentale.

CLAUDE BERNARD.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE

M. FILHOL

Les eaux sulfureuses des Pyrénées

Messieurs,

Le sujet que je vais aborder est très-vaste; on peut l'étudier à divers points de vue, et chacun d'eux fournirait à lui seul la matière d'une conférence.

D'où viennent les sources sulfureuses qu'on trouve en si grand nombre dans les Pyrénées ? Quels sont l'âge et la nature des terrains où elles jaillissent ? Où puisent-elles les éléments minéralisateurs qui leur communiquent la précieuse propriété de rendre la santé aux malades, ou du moins d'adoucir leurs souffrances ?

Existe-t-il un rapport direct entre la nature des roches au sein desquelles nous voyons naître ces eaux merveilleuses et celle des substances qu'elles tiennent en dissolution ?

Toutes ces sources ont-elles surgi à la même époque, et leur apparition à la surface du sol est-elle le résultat d'un seul accident géologique, ou bien, au contraire, avons-nous quelques motifs pour penser que toutes les eaux sulfureuses des Pyrénées ne se sont pas montrées en même temps, et qu'il est des groupes particuliers qui ont pris successivement naissance à la suite de soulèvements distincts les uns des autres ?

Les eaux sulfureuses thermales ont-elles joué un rôle important dans la formation de certains sulfures métalliques très-répandus dans la nature ?

Telles sont les questions que se pose le géologue, quand il étudie les eaux minérales.

Le chimiste se place à un autre point de vue.

Sa préoccupation principale consiste dans la recherche de la nature des corps que renferme le liquide thermal, des moyens d'effectuer la détermination exacte de la quantité de chacun d'eux, et des modifications que subissent ses éléments minéralisateurs sous l'influence de l'air. Travail long, difficile, qui exige, pour être mené à bonne fin, une connaissance très-approfondie des lois qui régissent la chimie et une grande habitude des recherches de laboratoire.

Vient enfin le médecin, qui, mettant à profit les données acquises par le géologue et par le chimiste, complète l'étude des eaux minérales en examinant la manière dont chacune d'elles agit sur l'économie, et fait tourner au profit des malades le fruit de ses longues et pénibles observations.

Obligé d'épuiser un sujet aussi étendu en une seule conférence, je devrai m'abstenir d'entrer dans de trop longs détails, et me contenter de tracer à grands traits l'histoire des eaux sulfureuses des Pyrénées.

Considérées au point de vue géologique, les sources sulfureuses thermales des Pyrénées pourraient être définies : *les sources des terrains anciens*. En effet, lorsqu'elles sont bien captées dans la roche en place, on les voit jaillir presque toujours de bas en haut, circonstance qui, jointe à la considération de leur température souvent très-élevée, nous montre qu'elles viennent de l'intérieur de la terre, et probablement d'une profondeur considérable.

La nature de la roche au point d'émergence n'est pas la même partout. Tantôt les griffons naissent au sein du granit, de la pegmatite, du gneiss, de la syénite, de l'eurite, du micaschiste, du schiste siliceux; tantôt c'est au milieu de calcaires plus ou moins purs; tantôt, enfin, c'est dans des atterrissements, et, dans ce cas, des travaux de recherche bien conduits amènent toujours à trouver la source sortant de la roche en place.

Presque partout on voit les eaux thermales sulfureuses apparaître dans les parties des montagnes où existent des fractures, des failles ou des dislocations d'une étendue assez considérable. Les fractures ou les failles correspondant aux sources d'une même localité sont ordinairement orientées de la même manière et suivant les directions de l'un des systèmes de soulèvement signalés par M. E. de Beaumont (M. François a particulièrement insisté sur cette particularité remarquable); mais leur orientation diffère le plus souvent de celle des failles correspondant aux sources d'une autre localité; il arrive quelquefois, cependant, que les eaux sulfureuses de deux stations différentes naissent dans des failles orientées de la même manière, et, dans ce cas, elles présentent la plus grande analogie dans leur composition et dans leurs propriétés.

Il est curieux de voir les mêmes roches apparaître au voisinage des sources de deux localités distinctes, et se montrer en quelque sorte comme les satellites de ces sources.

C'est ainsi qu'on trouve à Bagnères-de-Luchon, sur la montagne des bains, une belle pegmatite à mica palmé, contenant parfois des cristaux de tourmaline, et qu'on rencontre un peu plus loin, en se dirigeant vers Gouron, un schiste siliceux rubané d'un très-bel aspect. Les mêmes roches existent à Ax.

La température des eaux sulfureuses des Pyrénées varie de 78 degrés (sources d'Olette) à 13°,50 (Cadéac). Entre ces extrêmes, on trouve une multitude d'intermédiaires. Les eaux les plus estimées sont celles dont la température est voisine de celle du corps de l'homme, 35 degrés environ ; il est possible, en effet, de les utiliser en bains sans les faire chauffer, ce qui les altérerait d'une manière plus ou moins profonde, ou sans les refroidir, soit par serpentinage, soit par un mélange d'eau froide ordinaire, qui les appauvrirait plus ou moins.

Dans certaines localités l'abondance des eaux sulfureuses est telle, qu'on voit de petits torrents d'eau chaude sortir des flancs de la montagne, en bouillonnant, et répandre autour d'eux un épais nuage de vapeurs.

Il existe à Olette une belle cascade entretenue par un petit ruisseau d'eau sulfureuse presque bouillante. Les rochers sur lesquels tombe en nappe le liquide thermal, se recouvrent d'une substance gélatineuse qui n'est certainement pas sans analogie avec les dépôts de silice en gelée, qui se produisent autour des geysers d'Islande. M. Bouis a montré qu'à Olette la substance gélatineuse contient environ les trois quarts de son poids de silice.

Le volume total des sources de cette localité s'élève à 1 772 000 litres par vingt-quatre heures. Le poids des substances minérales que ces sources apportent de l'intérieur du globe à la surface est supérieur à 500 kilogrammes par jour, ou pour un siècle à 1 825 000. La silice et la matière organique en font la majeure partie.

A Ax (Ariége), l'abondance des eaux sulfureuses est presque aussi grande et les températures y sont aussi très-élevées, car elles atteignent 75 degrés.

Cauterets et Bagnères-de-Luchon sont également remarquables par leur richesse en eaux sulfureuses.

provienennt les substances diverses que tient en dis-
le liquide minéral ?
doute les granits, les gneiss..., etc., pourraient céder
chaude une proportion plus ou moins forte de silice ;
ne peuvent lui fournir aucune trace de matière orga-
ils ne lui abandonneraient pas davantage des sulfures
chlorures alcalins, car ils n'en renferment pas. D'ail-
feldspath qu'on trouve dans les granits est à base de
et la silice existe dans les eaux sulfureuses en combi-
avec la soude. Ajoutons que les parois des cheminées
sion ne paraissent pas corrodées comme elles devraient
i les roches qui les forment constituaient la substance
thermale puise les éléments de sa minéralisation.
t donc chercher ailleurs les causes de la formation des
lfureuses, et ici les théories abondent.
allons exposer en peu de mots les principales ; toute-
rois indispensable, pour faciliter l'intelligence de ce
suivre, d'entrer dans quelques détails sur les divers
us lesquels le soufre peut exister dans ces eaux prises
Tons. Ces composés sont :
acide sulfhydrique, composé de 1 partie d'hydrogène
parties de soufre.
monosulfure de sodium, formé de 23 parties de so-
de 16 parties de soufre.
monosulfure de calcium, composé de 20 parties
um et de 16 parties de soufre.
xiste, à ma connaissance, dans les Pyrénées, aucune
dont la minéralisation puisse être attribuée à l'acide
rique seul ; mais il en est qui contiennent à la fois du
de sodium et de l'acide sulfhydrique. Ce dernier corps,
zeux, s'échappe facilement de l'eau qui le tient en dis-
, pour se répandre dans l'air. C'est à lui que doit être
e l'odeur désagréable des eaux sulfureuses.
ources de Bagnères-de-Luchon et d'Ax sont celles qui
nt le plus d'acide sulfhydrique dans l'atmosphère.
ets sous vos yeux de beaux fragments de soufre re-
sur les voûtes des réservoirs où l'on reçoit les eaux à
s-de-Luchon. Ce soufre s'est dégagé à l'état d'acide
rique au-dessus de l'eau, et l'hydrogène de cet acide
combiné avec de l'oxygène emprunté à l'air, le soufre,
liberté, s'est déposé, molécule à molécule, sur la face
de la dalle qui recouvrait le réservoir.
aux contenant de l'acide sulfhydrique sont dites sulf-
ées ; celles qui sont minéralisées par le sulfure de
sont appelées sulfurées sodiques ; et l'on désigne sous
de sulfurées calciques les eaux qui contiennent du
de calcium.
otions préliminaires étant acquises, abordons la théo-
a formation des eaux sulfureuses.
it dans certains cas une eau très-riche en sulfates, et
en sulfate de chaux, pénétrer dans un terrain qui
e des matières organiques en décomposition, et en
avec tous les caractères des eaux sulfureuses. Vient-on
imer la couche de matière organique placée sur le
la source, celle-ci cesse immédiatement d'être sul-
Ici rien n'est plus simple que de se rendre compte
ine du sulfure de calcium, car l'analyse montre que
erdu en sulfate de chaux l'équivalent du sulfure qui
né. La matière organique a enlevé tout l'oxygène du
et elle a produit, en se combinant avec cet oxygène,
et de l'acide carbonique.

La facilité avec laquelle certaines matières organiques décomposent ainsi les sulfates est remarquable.

Vogel, et après lui plusieurs chimistes, ont vu que si, après avoir mis dans une bouteille de l'eau tenant en dissolution des matières organiques, on la bouche hermétiquement, elle contracte assez souvent, au bout de quelques mois, une odeur sulfureuse très-prononcée.

M. O. Henri a depuis longtemps attribué la production du sulfure de calcium, dans les eaux minérales d'Enghien et dans plusieurs autres, à une action de ce genre. Ebelmen et M. Élie de Beaumont admettent aussi ce mode de formation.

Mais les eaux sulfureuses des Pyrénées apparaissent dans des terrains anciens, ne contenant pas les éléments nécessaires à leur minéralisation. Ces eaux, se montrant pour la plupart très-chaudes à leur point d'émergence, ont été évidemment formées loin des lieux accessibles à nos investigations. Cependant il paraît assez naturel d'expliquer leur formation de la même manière que celle des eaux froides sulfurées calciques. On est d'autant plus fondé à le faire, que les eaux sulfureuses thermales, soit sulfurées sodiques, soit sulfurées calciques, contiennent toutes une quantité notable de matière organique. Il est d'ailleurs facile de constater que les eaux sulfurées sodiques les plus riches sont presque dépourvues de sulfates. C'est à peine si les réactifs les plus sensibles pour accuser la présence de ces sels y déterminent un léger louche.

L'origine des sulfates et de la matière organique s'expliquerait sans peine, si l'on admettait que les éléments de l'eau minérale ont été pris à la surface du sol, et que les eaux superficielles, chargées de matière organique et de sulfates, ont pénétré dans les profondeurs où, sous l'influence d'une température élevée, l'action réductrice de la matière organique se serait exercée avec plus d'énergie. Je ne dois pourtant pas dissimuler qu'on peut faire à cette théorie une objection grave, et il est de mon devoir de la faire connaître.

En expliquant la formation des eaux sulfurées calciques, nous avons vu que la décomposition du sulfate était accompagnée de la production d'une certaine quantité d'acide carbonique. Or, les eaux des Pyrénées qui laissent dégager le plus d'acide sulfhydrique, celles de Luchon par exemple, en sont absolument dépourvues, et le gaz qui se dégage à leur griffon est de l'azote à peu près pur. Je suis très-partisan de la théorie qui admet la réduction des sulfates comme cause de la minéralisation des eaux sulfurées sodiques ; mais je ne puis pas dissimuler que l'absence de l'acide carbonique me cause un très-grand embarras.

M. Ch. Sainte-Claire Deville a proposé une autre théorie, qui consiste à admettre que des courants d'acide carbonique mélangés de vapeur d'eau agissant à de hautes températures sur les silicates qui composent les roches les plus anciennes, peuvent produire des carbonates alcalins, et que ces derniers seraient décomposés ultérieurement par de l'acide sulfhydrique, dont l'action consisterait à produire un sulfure alcalin et à remettre en liberté l'acide carbonique. M. Deville se demande, même, si l'acide sulfhydrique seul ne décomposerait pas les silicates à de hautes températures et en présence de la vapeur d'eau.

Cette théorie me paraît difficilement admissible, car elle suppose l'existence d'une énorme quantité d'acide sulfhydrique, sans nous faire connaître l'origine probable de cet acide ; enfin, elle admet que le feldspath sur lequel agissent

les acides carbonique et sulfhydrique est à base de soude, ce qui n'est qu'une hypothèse de plus. Enfin, elle ne nous éclaire pas sur l'origine de la matière organique des chlorures, etc.

M. Fremy a exposé, avec beaucoup de réserve, une autre manière de voir, qui consiste à admettre l'existence dans les profondeurs de la terre du sulfure de silicium ; ce corps, agissant sur l'eau, donnerait naissance à de l'acide sulfhydrique et à de l'acide silicique.

Cette théorie ne nous donne pas le moyen d'expliquer pourquoi certaines eaux sulfureuses ne contiennent pas d'acide sulfhydrique libre, et pourquoi dans quelques-unes d'entre elles le rapport de l'oxygène de l'acide silicique à celui des bases est le même que dans les silicates neutres.

M. Bunsen, qui a publié un très-beau travail sur la formation des eaux sulfureuses d'Islande, a montré que si l'on dirige successivement de la vapeur de soufre et de la vapeur d'eau sur des roches pyroxéniques chauffées au rouge, il se produit de l'oxyde de fer magnétique et de l'acide sulfhydrique. Ce dernier, agissant sur des silicates alcalins, peut les décomposer et produire des sulfures. Mais où est la preuve que des phénomènes de ce genre s'accomplissent dans les Pyrénées ? D'où viendrait la vapeur de soufre dont il faut admettre l'existence ? D'où viendrait encore la matière organique, etc. ? Rien de tout cela n'est indiqué.

Je considère donc la théorie que j'ai exposée en premier lieu comme la meilleure, parce qu'elle explique les faits en exigeant moins d'hypothèses que les autres.

Nous allons, si vous le voulez bien, abandonner la géologie des eaux pour nous occuper un peu de leur composition chimique.

Toutes les eaux minérales sulfureuses ont des caractères qui leur sont communs, mais il en est qui se distinguent des autres par des caractères particuliers.

Les caractères communs sont l'odeur, la saveur, la propriété de noircir les objets d'argent, de donner des précipités noirs avec les sels de plomb, de cuivre ; d'être décomposées par l'iode en produisant un dépôt de soufre, de décolorer l'iodure d'amidon. Voici une eau sulfhydriquée, une eau sulfurée sodique et une eau sulfurée calcique. Vous voyez que chacune d'elles produit avec les réactifs dont je viens de parler des réactions identiques. Passons aux caractères distinctifs.

La différence qui existe entre les eaux sulfurées calciques et les sulfurées sodiques est facile à concevoir, et encore plus facile à démontrer.

Dans une eau sulfurée sodique les sels sont presque tous à base de soude ; dans une eau sulfurée calcique, ils sont presque tous à base de chaux. Nous trouvons à Baréges le type le plus parfait des premières ; à Enghien, le type des secondes.

Les chimistes possèdent, pour déceler la présence des sels de chaux, un réactif d'une admirable sensibilité. C'est l'oxalate d'ammoniaque. Ce sel versé dans l'eau minérale entraîne la chaux sous la forme d'un précipité blanc (oxalate de chaux), qui est d'autant plus abondant que l'eau est plus calcaire. Sous l'influence de ce réactif, les eaux les plus chargées de sels de chaux deviennent sur-le-champ troubles et blanches comme du lait ; celles qui en sont dépourvues conservent leur limpidité. Je le fais agir sur de l'eau de Baréges, et vous la voyez rester transparente ; il s'y produira cependant à la longue un très-léger précipité. Je le verse dans l'eau d'Enghien, et elle devient laiteuse. J'agis enfin sur de l'eau de Bonnes, et vous pouvez constater qu'elle se trouble immédiatement ; mais beaucoup moins que l'eau d'Enghien. A ce point de vue, l'eau de Bonnes se comporte comme un intermédiaire entre celle d'Enghien et celle de Baréges.

Voyons maintenant comment on distingue une eau sulfhydriquée d'une eau sulfurée sodique et d'une eau sulfurée calcique.

Cette distinction est facile à mettre en évidence.

Voici une solution d'un sel que les chimistes désignent sous le nom de nitro-prussiate de soude. J'en verse quelques gouttes dans une eau sulfhydrée ; elle reste incolore et transparente.

J'opère de la même manière sur de l'eau de Bagnères-de-Luchon, et vous la voyez se colorer en bleu violet très-foncé.

En effet, le nitro-prussiate de soude ne colore pas les solutions d'acide sulfhydrique, tandis qu'il colore les solutions de sulfures de sodium ou de calcium.

L'eau de Luchon contient donc le soufre, au moins pour la majeure partie, à l'état de sulfure.

Chose étrange, si nous faisons chauffer à 70 ou 80 degrés l'eau de Luchon, celle de Baréges, d'Ax, etc., le nitro-prussiate de soude ne produit plus la belle coloration que je viens de vous montrer. On dirait qu'à cette température élevée le sulfure et l'eau, réagissant l'un sur l'autre, ont produit de l'acide sulfhydrique libre en présence de la soude libre. Ce phénomène a reçu des chimistes le nom de *dissociation*.

M. Béchamp affirme, dans un travail récent, que les sulfures alcalins, quand on les dissout dans une très-grande quantité d'eau, se décomposent ainsi, de telle sorte que l'eau minérale ne contiendrait pas de sulfure, mais bien de l'acide sulfhydrique et de la soude ou de la chaux, qui seraient à l'état de dissolution sans être chimiquement combinés l'un avec l'autre. L'eau de Bonnes serait dans ce cas.

Disons pourtant que le nitro-prussiate de soude agit sur l'eau de Bonnes comme si elle contenait un sulfure alcalin.

Une dissolution d'acide arsénieux colore en jaune les eaux sulfhydriquées et y détermine, à la longue, la formation d'un précipité jaune. Les eaux sulfurées sodiques ou sulfurées calciques n'éprouvent aucun changement visible par leur mélange avec cet acide.

Or les eaux sulfureuses des Pyrénées restent toutes parfaitement incolores au contact de l'acide arsénieux.

Il suffit de mêler ces eaux minérales avec un peu d'eau de Seltz artificielle, pour leur donner la propriété de se comporter avec le nitro-prussiate de soude et avec l'acide arsénieux comme une solution d'acide sulfhydrique.

Il est également facile de communiquer à une eau sulfhydriquée la propriété de se colorer en bleu, au contact du nitro-prussiate de soude, en y ajoutant une dissolution de carbonate ou de silicate alcalin.

Voici un mélange de nitro-prussiate et d'acide sulfhydrique ; j'y mets une seule goutte d'une dissolution de carbonate de soude, et vous voyez une belle coloration violette apparaître sur-le-champ.

Nous voilà fixés sur les moyens que les chimistes emploient pour démontrer l'existence du soufre dans une eau minérale, et pour reconnaître la nature du composé qu'elle contient.

S'agit-il de déterminer la proportion du soufre, on peut recourir à deux sortes de procédés. Les uns consistent à précipiter le corps au moyen de l'azotate d'argent ammoniacal, ou de l'acide arsénieux, et à peser, après les avoir lavés et séchés,

fures d'argent ou d'arsenic. La composition de ces sul- tant connue, on déduira de leur poids celui du soufre contiennent. Si l'on veut atteindre un haut degré de on, il sera nécessaire d'analyser les sulfures eux-mêmes, urraient se trouver mélangés avec du soufre libre. L'ex- s procédés à suivre pour faire cette analyse nous en- ait trop loin.

méthode plus simple et plus rapide consiste dans l'em- une solution titrée d'iode, qui permet de déterminer elques instants et avec un degré de précision assez sant, dans certains cas, la quantité de soufre ou de sul- ntenue dans le liquide thermal. Cette méthode est fon- r la propriété qu'a l'iode de décomposer l'acide sulfhy- ou les sulfures de manière à précipiter le soufre et à stituer à lui. Je vous ai tout à l'heure rendus témoins e décomposition.

périence montre qu'une partie d'iode déplace 0,126 de

prépare une liqueur titrée en faisant dissoudre dans u distillée 10 grammes d'iode à la faveur de 15 gram- iodure de potassium, et l'on ajoute une quantité d'eau nte pour obtenir un litre de liqueur. On a, d'autre ne burette divisée en dixièmes de centimètre cube; remplit de liqueur iodée jusqu'au zéro, et l'on verse à goutte, au moyen de cette burette, la liqueur iodée n litre de l'eau minérale qu'on veut analyser. On s'ar- tand tout le soufre a été précipité; on lit alors sur la e le nombre de divisions de liqueur employées; et chaque division contient un milligramme d'iode, la té de soufre est représentée en milligrammes par le qu'on obtient en multipliant le nombre de divisions iqueur par 0,126. On trouverait la quantité de sulfure lium en multipliant par 0,309, et celle de sulfure de m en multipliant par 0,285, et celle d'acide sulfhy- par 0,134.

saisir le moment où la précipitation du soufre est te, on utilise la propriété qu'a l'amidon de prendre une lle couleur bleue en se combinant avec l'iode libre. Or, fait un mélange d'eau sulfureuse et de colle d'amidon, ration bleue n'apparaît, lorsqu'on y verse de l'iode, ès l'entière décomposition du sulfure ou de l'acide sulf- ue. On verse donc, dans le mélange d'eau minérale et on, la liqueur titrée, goutte à goutte, et l'on s'arrête t que la couleur bleue apparaît et persiste. Je mets de- ous une seule goutte d'iode dans ce liquide qui contient olle d'amidon, et vous la voyez prendre une nuance très-belle. Je procède maintenant sur un mélange d'eau use et d'amidon, et j'emploie 10 centimètres cubes eur iodée représentant cent divisions de la burette. nclus que la liqueur sur laquelle j'ai opéré contient 6 de soufre ou 0^{gr},0309 de sulfure de sodium.

n'est plus simple ni plus facile à exécuter qu'une pa- nalyse, mais de nombreuses causes d'erreur viennent le chimiste à être très-attentif, s'il aspire à une exac- convenable. En effet, les eaux sulfureuses contiennent s (carbonate de soude, silicate de soude) qui absorbent de, comme l'acide sulfhydrique ou les sulfures, quoi- ne contiennent pas de soufre. On neutralise leur action ant à l'eau un peu de chlorure de baryum, qui décom- carbonate ou le silicate de soude, et les transforme en carbonate ou silicate de baryte sur lesquels l'iode n'a pas d'action.

Mais quand l'eau minérale qu'on veut analyser a séjourné dans des réservoirs, le contact de l'air en a profondément modifié la composition ; elle contient alors un bisulfure de soude, ou l'hyposulfite de chaux qui agissent sur l'iode tout autrement que le sulfure primitif.

Dans ce cas, on ne peut, à mon avis, arriver à un dosage exact du soufre qu'au moyen de procédés plus compliqués dont la description détaillée m'entraînerait trop loin.

Quand les eaux dont on fait l'analyse sont très-chaudes, une nouvelle difficulté se présente et oblige à modifier la manière de procéder à l'essai.

En effet, l'iodure d'amidon se décolore à une température de 65 à 70 degrés, d'où résulte l'impossibilité d'employer la méthode sulfhydrométrique ordinaire, quand on examine des eaux très-chaudes comme celles d'Olette ou d'Ax. Il ne faut pas songer à laisser refroidir l'eau destinée à l'analyse, car le contact de l'air l'aurait altérée avant qu'elle eût atteint la température convenable.

J'ai proposé dans ce cas d'avoir recours à un procédé auquel j'ai donné le nom de sulfhydrométrie renversée.

Il consiste à préparer avec de l'iode et de l'amidon une liqueur d'un bleu très-intense.

L'acide sulfhydrique et les sulfures alcalins ont la propriété de décolorer l'iodure d'amidon en lui enlevant son iode.

Pour titrer cette liqueur, il suffit de prendre un volume d'iodure d'amidon déterminé et d'y verser goutte à goutte une dissolution d'acide sulfhydrique ou de sulfure de sodium dont on connaît la composition, jusqu'à ce que la couleur bleue ait entièrement disparu. On trouve ainsi *combien il faut d'acide sulfhydrique ou de sulfure pour produire la décoloration.* Cela fait, on prend une deuxième quantité d'iodure d'amidon égale à la première, et l'on y verse, au moyen de la burette graduée, l'eau sulfureuse qu'on veut analyser, en ayant soin de s'arrêter au moment où la décoloration est complète. On lit alors le nombre de divisions qu'il a fallu employer, et l'on en déduit la quantité d'acide sulfhydrique ou de sulfure contenu dans l'eau minérale.

Il est facile de mettre en liberté le soufre de l'hyposulfite de soude. Voici une dissolution de ce sel. Comme vous le voyez, les composés de plomb ou de cuivre n'y produisent aucun précipité noir ; mais en y versant de l'acide chlorhydrique, je fais apparaître à l'instant du soufre à l'état libre, en même temps que l'odeur vive et pénétrante qui se dégage du mélange m'avertit que de l'acide sulfureux est mis en liberté.

J'aurais encore beaucoup à dire sur l'analyse des eaux minérales, au point de vue de l'élément sulfureux, mais je crains de fatiguer votre attention et je me hâte d'aborder leur étude à un autre point de vue, celui de leur alcalinité relative.

Toutes les eaux sulfureuses des Pyrénées ont la propriété de ramener au bleu la teinture de tournesol qui a été rougie par un acide. Cela se conçoit sans peine, puisque les sulfures de sodium et de calcium donnent lieu, l'un et l'autre, à une réaction alcaline; mais quand on ajoute à la plupart des eaux sulfureuses une quantité d'acide sulfurique juste suffisante pour décomposer leur sulfure, ces eaux conservent encore la propriété de ramener au bleu la teinture de tournesol ; elles sont donc à la fois sulfureuses et alcalines.

En général, l'alcalinité des eaux des Pyrénées est du licate de soude ; mais dans les sources des Pyrénées-Or

elle est due, au moins en partie, à du carbonate de soude.

Des expériences très-multipliées m'ont prouvé que les stations thermales des Pyrénées - Orientales contiennent les sources sulfureuses les plus alcalines; celles d'Ax (Ariége) viennent ensuite; celles de Baréges, Cauterets, Saint-Sauveur, sont moins alcalines encore. Enfin, les eaux de Bonnes, de Bagnères-de-Luchon, le sont à peine. A ces différences dans la composition chimique doivent correspondre, sans aucun doute, des différences dans l'action thérapeutique.

Certaines eaux sulfureuses se distinguent des autres par leur richesse en chlorure de sodium. Les plus chlorurées sont celles de Germs, Labassère, Gazost (Hautes-Pyrénées), et de Bonnes (Basses-Pyrénées). Celles de Baréges, Saint-Sauveur, Cauterets, Luchon et celles des Pyrénées-Orientales le sont très-peu.

Pour apprécier la richesse relative de ces eaux en chlorures alcalins, il faut d'abord les désulfurer, soit au moyen de l'acétate de zinc, soit au moyen du sulfate de plomb; les filtrer ensuite, et précipiter le chlore en versant de l'azotate d'argent dans la liqueur préalablement acidulée par de l'acide azotique pur. Il se forme un dépôt de chlorure d'argent qu'on pèse.

Une partie de chlorure d'argent représente 0^{gr},407 de chlorure de sodium.

J'arrive à l'examen de la matière organique des eaux minérales.

Toutes les sources sulfureuses des Pyrénées contiennent une matière organique plus ou moins abondante. C'est à sa présence que plusieurs savants ont attribué l'onctuosité particulière à certaines d'entre elles. La matière organique des eaux sulfureuses est, d'après les recherches des chimistes, azotée, sulfurée, phosphorée, et quelquefois ferrugineuse. A mon avis, le fer s'y trouve dans des conditions analogues à celles où il existe dans les liquides de l'économie des êtres vivants; car il n'est pas précipité de sa dissolution par le sulfure alcalin, malgré l'insolubilité du sulfure de fer.

Je suis persuadé que si tous nos efforts pour imiter les eaux minérales sont impuissants, c'est surtout parce qu'il n'est pas en notre pouvoir de préparer cette matière organique.

Tout nous autorise d'ailleurs à penser que chaque groupe d'eau sulfureuse renferme une matière qui lui est particulière.

On voit souvent se former au milieu des ruisseaux d'eau sulfureuse des filaments blancs qui flottent au sein du liquide minéral, comme une sorte de chevelure. Ces filaments sont formés par une conferve qui a été décrite avec un grand soin par A. Fontan, sous le nom de *sulfuraire*. Elle se montre surtout dans les sources dont la température n'est pas très-élevée, et j'ai cru remarquer à plusieurs reprises qu'on déterminait facilement sa production en mêlant à l'eau minérale une certaine quantité d'eau froide.

La sulfuraire se produit dans presque toutes les stations thermales.

On voit aussi, dans les Pyrénées-Orientales, au sein des courants d'eaux sulfureuses, et surtout dans les plus chaudes, des végétaux dont les filaments, feutrés et entrelacés, constituent une sorte de membrane épaisse et élastique. Ils sont verts dans toutes les parties qui ne sont pas entièrement immergées; leur couleur est rougeâtre dans les parties que recouvre le liquide thermal. Ces végétaux existent, quoique moins fréquemment, dans les eaux d'Ax.

Enfin, certaines sources laissent déposer sur leur parcours une matière transparente qu'on a comparée pour son aspect à de la gelée de pomme. Celle-ci a reçu plus particulièrement le nom de *barégine*. Mais les barégines des diverses localités sont loin de se ressembler, et dans chaque station thermale existe une barégine distincte de toutes les autres.

A Olette, par exemple, elle est composée, pour la majeure partie, par de la silice en gelée; quand on l'examine au microscope, on constate qu'elle est habitée par des millions d'infusoires d'espèces variées, dont la majeure partie appartient au groupe des diatomées. Ces infusoires, signalés par M. Bouis et par moi, ont été l'objet d'une étude fort intéressante de la part de M. le professeur Léon Soubeiran; je les ai fait photographier et je puis, grâce à l'obligeance de M. Bourbouze, vous montrer leur image excessivement agrandie et projetée sur un tableau.

La barégine d'Ax contient aussi quelques diatomées, mais il y en a peu. Je n'en ai jamais trouvé dans celles de Baréges, de Saint-Sauveur, de Cauterets, de Bonnes, de Bagnères-de-Luchon. Je n'ai d'ailleurs rencontré nulle part une barégine aussi riche en silice que celle d'Olette.

En voyant certaines de ces barégines peuplées d'infusoires microscopiques particuliers qu'on ne rencontre pas dans les autres, on est autorisé à penser que les eaux qui les ont laissés déposer sont composées tout autrement que celles dont la barégine est inhabitée.

J'ai observé dans celles de Baréges quelques anguillules, quelques monades, mais je n'y ai jamais vu de diatomées.

Certaines eaux sulfureuses laissent déposer de la barégine colorée en un beau rouge carminé par des monades.

L'eau de Merens (Ariége) est dans ce cas.

On trouve aussi des monades rouges dans des eaux froides sulfurées calciques. Ces monades, qui sont plus grosses que celles de la barégine de Merens, ont été décrites par M. le professeur Joly et A. Fontan, sous le nom de *Monas saltatoria*.

Je ne vous ai rien dit des substances qu'on trouve en petite quantité dans les eaux sulfureuses des Pyrénées, et dont le rôle est probablement très-secondaire. Ce sont l'iode, le fluor, l'acide borique, la lithine. Leur proportion est si faible, qu'aucun chimiste n'a pu la déterminer.

Mais en voilà bien assez sur la composition chimique des eaux minérales des Pyrénées. Occupons-nous maintenant de leur action thérapeutique.

On peut, disait A. Fontan, peindre en trois mots l'action des eaux sulfureuses : 1° augmenter et réveiller le mal ; 2° le déplacer; 3° l'user.

Assez souvent une affection chronique revêt momentanément, sous leur influence, un caractère aigu, et devient alors plus facile à guérir.

Le premier effet des eaux consiste, suivant Bordeu, à stimuler les fonctions de l'économie ; elles activent la circulation sanguine et lymphatique, les sécrétions, la transpiration..., et souvent elles produisent un léger mouvement fébrile. Bordeu compare l'action excitante des bains sulfureux sur l'homme en santé à celle que produit le café. Leur usage convient aux sujets lymphatiques, débiles, chez lesquels il faut réveiller l'action vitale.

Il est d'ailleurs plusieurs sortes de maladies qu'on peut guérir au moyen d'une eau minérale quelconque. D'autres,

ire, ne sont traitées avec plus de succès que par les
ne station déterminée.

insi que les affections des voies respiratoires guéris-
facilement à Bonnes et à Cauterets que partout ail-
fait est mis hors de doute par les observations de
de Dasalde, de Lemonier, de M. Pidoux, pour les
s ; de Bordeu, Camus, Thierry, Campmartin, Buran,
rd, pour les secondes.

ux de Bonnes passent pour être les moins excitantes
.

de Baréges sont considérées comme les meilleures,
s'agit du traitement des plaies par armes à feu, des
les caries, des nécroses, des scrofules. Leurs effets
igneusement étudiés, surtout par Bordeu, Labaig,
glada, Fontan, et, dans ces dernières années, par
ieux et Lebret.

de Bagnères-de-Luchon conviennent surtout au trai-
es rhumatismes et des affections de la peau ; elles
t aussi les plaies, les ulcères, les scrofules, certaines
nerveuses, et même certaines maladies des voies
ires.

bons effets ont été étudiés par Richard, Campardon,
ontan, MM. Lambron et Pégot.

ans les Pyrénées-Orientales qu'on trouve les sources
icacité paraît le mieux constatée pour le traitement
digestives ou des affections des reins. Celles de Prest
ce rapport, une réputation bien acquise.

ux du Vernet, celles de Moligt, sont aussi recom-
quand il s'agit de maladies des organes de la respi-
ans la première de ces deux stations, on use assez
ment d'inhalation sulfureuse.

gt existent des bains dont l'onctuosité est telle, qu'on
onné le nom de *bains de délices*.

te, on traite avec succès, dans toutes les stations des
-Orientales, les rhumatismes, les scrofules, les plaies,
ions cutanées, etc. L'établissement militaire d'Amé-
ains est une succursale de Baréges.

tion d'Ax, si riche en eaux minérales, est un inter-
entre celles de Luchon et celles des Pyrénées-
es. Les maladies rhumatismales, les affections de la
., y sont aussi traitées.

effets ont été décrits surtout par Sicre, Pilhes, Mandi-
strié, Alibert et par M. Auphan.

mbron divise les sources des Pyrénées en sources
des et très-riches en soufre ; très-chaudes et moyen-
sulfureuses ; très-chaudes et peu sulfureuses ; sources
rès-sulfureuses, moyennement sulfureuses et peu sul-
.

dications peuvent être utiles au médecin et diriger
x dans des cas déterminés.

ux minérales sont surtout administrées :

boisson ;

bains ou en lotions ;

douches de toutes sortes ;

s forme d'inhalations ;

état pulvérisé.

fets de l'eau prise en boisson sont aujourd'hui mieux
u'autrefois. Il paraît certain qu'après son ingestion, le
alentit pendant quelques heures, pour devenir ensuite
et plus fréquent. Le premier effet semble donc être sé-
is il survient ensuite une période pendant laquelle
l'activité des fonctions se ranime, et si le traitement est dirigé par un médecin habile, cette stimulation douce et de courte durée produit, au bout de quelque temps, d'excellents effets.

Il en est de même quand l'eau minérale est administrée sous forme de bains. Les phénomènes d'excitation décrits par certains praticiens n'apparaissent que dans le cas où la température du bain est élevée. Le médecin provoque parfois aussi volontairement une excitation vive et passagère, qui doit être beaucoup plus attribuée à l'influence de la chaleur qu'à l'action spécifique de l'agrégat minéral.

MM. Gigot-Suard, Lambron, Armieux, Lebret, Puig, ont surtout insisté sur le ralentissement du pouls qu'on observe, en général, chez les malades, à la suite d'un bain pris à une température voisine de celle du corps. Bordeu lui-même, qui a si bien décrit les effets thérapeutiques des eaux sulfureuses, les considérait comme ne produisant pas l'excitation vive et continue que leur attribue certains auteurs, et il conseillait de substituer leur usage en boisson à celui du lait.

Il est aussi bien démontré que l'activité des eaux sulfureuses n'est pas toujours en rapport avec leur richesse en soufre, et que certaines eaux peu sulfurées sont supportées beaucoup moins facilement que des eaux plus fortement minéralisées.

A. Fontan pensait que les eaux altérées par l'influence de l'air, et qui contiennent du bisulfure de sodium, pouvaient exercer sur l'économie une action plus vive que celles où le soufre est à l'état de monosulfure. Au contraire, les eaux dégénérées, qui ne contiennent plus que des hyposulfites, paraissent essentiellement sédatives et conviennent plus particulièrement dans le traitement des affections nerveuses.

Les eaux sulfureuses riches en chlorures et en sel de chaux paraissent convenir plus particulièrement pour le traitement des affections du larynx ou des voies respiratoires. Elles jouissent aussi, à un très-haut degré, des propriétés détersives que les médecins utilisent dans le traitement des plaies ou des ulcères.

Les sources de Bonnes constituent, comme nous l'avons déjà dit, un type particulier ; leur assortiment minéral, partie sulfurée-sodique, partie sulfurée-calcique, les distingue de presque toutes les autres. Celles qui s'en rapprochent le plus sont les Eaux-chaudes, qui sont aussi, d'après MM. Mialhe et Lefort, minéralisées, au moins en partie, par du sulfure de calcium.

Les substances que l'eau tient en dissolution sont-elles absorbées par la peau pendant la durée du bain ?

Cette question, longuement débattue durant ces dernières années, n'est peut-être pas encore résolue avec tout le degré de certitude qu'on pourrait désirer.

Il paraît résulter des recherches faites à cet égard que les sels contenus dans le liquide minéral ne sont pas absorbés en quantité appréciable quand le malade est plongé dans un bain dont la chaleur est supérieure à celle de son corps. Dans un bain tempéré, l'absorption est, sinon douteuse, au moins très-minime. Certains observateurs pensent même que les éléments minéraux déposés à la surface de la peau ne sont absorbés qu'après le bain, lorsque l'eau qui la mouillait s'est évaporée.

Il n'existe, d'ailleurs, aucun rapport entre l'incontestable énergie avec laquelle les bains d'eau sulfureuse agissent sur l'économie et la dose vraiment homœopathique de substance active qui est absorbée.

M. Scoutetten a donné une explication particulière de l'ac-

tion des bains d'eau minérale. D'après lui, ce serait à des courants électriques, produits par le contact de l'eau avec le corps, qu'il faudrait attribuer les principaux effets du bain.

M. le docteur Lambron, qui a fait de curieuses recherches sur ce sujet à Bagnères-de-Luchon, a observé les faits suivants :

Quand on plonge les deux fils d'un galvanomètre très-sensible dans un bain d'eau sulfureuse, en laissant l'un des fils dans les couches superficielles et l'autre dans les couches profondes, on voit que les premières sont électrisées positivement et les deuxièmes négativement. Les choses se passent comme si l'on avait affaire à un couple électrochimique simple. Quand le malade est plongé dans le bain, son corps complète le circuit et sert de conducteur au courant électrique.

Dans les cas où l'eau sulfureuse est administrée sous forme de douches, la partie du corps frappée par le jet liquide est électrisée négativement ; le reste du corps est électrisé positivement. Si l'on administre en même temps deux douches, l'une chaude et l'autre froide, la portion sur laquelle tombe l'eau chaude s'électrise négativement, et celle sur laquelle agit l'eau froide s'électrise positivement.

Ces expériences confirment les idées de M. Scoutetten relativement à l'existence des courants électriques dans le bain d'eau minérale ; mais prouvent-elles que c'est à l'électricité seule que doit être attribuée leur efficacité? M. Lambron ne le pense pas, et la plupart de ses confrères ne sont pas de son avis.

Il est clair, en effet, que des courants électriques de même intensité peuvent être produits par des eaux alcalines, ferrugineuses, salines, etc. L'action de l'agrégat minéral que les praticiens considèrent comme spécifique serait donc sans importance.

Une pareille manière de voir sera difficilement acceptée ; car on sait fort bien qu'une eau saline agit tout autrement qu'une eau sulfureuse ou ferrugineuse ; on sait, en outre, que l'activité des diverses sources n'est pas toujours proportionnelle à leur richesse en fer, en soufre, en alcalis, tandis que l'intensité du courant électrique est généralement en rapport avec la quantité de substances actives que contient le liquide thermal.

A mon avis, les effets du bain sulfureux peuvent tenir à plusieurs causes dont les principales sont :

1° L'absorption du soufre libre ou combiné, soit pendant la durée du bain, soit après. (Les bains d'eau blanche qu'on donne à Bagnères-de-Luchon, les bains d'eau bleue à Ax, laissent déposer à la surface du corps du soufre extrêmement divisé.)

2° L'inspiration d'une quantité plus ou moins forte d'acide sulfhydrique.

3° L'action du carbonate ou du silicate alcalin, qui saponifie les matières grasses de la peau.

4° La privation d'oxygène qu'éprouve la surface de presque tout le corps pendant la durée du bain.

5° Le courant électrique lui-même.

Ainsi, le soufre pénètre dans les voies respiratoires, en très-petite quantité il est vrai, mais pendant un temps assez long ; la peau s'imprègne de sulfure de sodium, d'hyposulfite de soude ou de soufre libre ; elle se dépouille des corps gras, et elle reste pendant environ une heure dans un milieu privé d'oxygène. Lorsque le malade sort du bain, la surface cutanée subit de nouveau l'impression de l'air, dont l'action doit être d'autant plus vive, que l'eau minérale a agi sur elle, en quelque sorte, à la manière des corps qui servent à décaper la surface d'un métal. Tel est, à mon avis, l'ensemble de circonstances qui détermine les effets du bain d'eau sulfureuse.

Je dirai peu de chose des douches, dont les effets sont attribués, par la plupart des praticiens, beaucoup plus à l'influence de la chaleur et de la percussion qu'à la nature des éléments minéraux de l'eau sulfureuse. Cependant je crois devoir faire observer que l'action détersive des sulfures ou des silicates alcalins ne saurait être nulle, et que l'atmosphère des salles de douches étant chargée d'une quantité plus ou moins notable d'acide sulfurique et saturée de vapeur, car le malade y respire au milieu d'un véritable brouillard d'eau sulfureuse, il est raisonnable d'admettre que ces circonstances contribuent pour une certaine part à la guérison.

Il existe dans plusieurs établissements thermaux des étuves et des salles d'inhalation. Les premières ont pour objet de provoquer une sueur abondante et de ranimer ainsi les fonctions de la peau ; les deuxièmes sont destinées à produire l'introduction rapide du soufre dans l'économie par les voies respiratoires. Les effets du soufre administré de la sorte doivent être immédiats, cependant il est rare qu'ils soient fâcheux ; ceci tient sans doute à ce que la proportion d'hydrogène sulfuré contenu dans ces atmosphères confinées est toujours très-faible : elle ne dépasse guère un cent-millième du volume de l'air.

Pour déterminer la quantité d'acide sulfhydrique répandue dans l'atmosphère des salles d'inhalation ou des étuves, on fait passer cet air au moyen d'un aspirateur dans une solution d'iodure d'amidon titrée. Nous avons déjà vu que l'acide sulfhydrique décolore cette solution. On mesure le volume d'air nécessaire pour produire la décoloration, et l'on en conclut sa richesse en acide sulfhydrique. J'exécute l'opération sous vos yeux : vous voyez l'air traverser la liqueur, la teinte de celle-ci pâlit peu à peu ; la voilà décolorée. J'arrête l'écoulement du gaz, et je n'ai plus qu'à mesurer le volume du gaz qui a traversé la solution, pour connaître sa teneur en acide sulfhydrique.

Les eaux sulfureuses sont aussi administrées quelquefois sous la forme de poussière. Des instruments fort ingénieux ont été imaginés pour pulvériser le liquide et le projeter sous la forme d'une sorte de brouillard dans le pharynx, ou même dans le larynx. M. Sales-Girons a publié des travaux remarquables sur ce mode de traitement, qu'il considère comme très-avantageux dans une multitude de cas.

Ici l'eau agit par son contact direct avec les parties malades. L'expérience prouve d'ailleurs qu'elle subit, au moment où l'instrument la pulvérise, une altération variable suivant la nature de l'élément sulfureux. MM. Poggiale et Réveil ont constaté que les eaux sulfhydriquées éprouvent une perte considérable, tandis que les sulfurées sodiques s'altèrent à peine. Les sulfurées calciques sont moins altérables que les sulfhydriquées et plus que les sulfurées sodiques.

Je ne veux pas insister davantage sur les divers moyens auxquels on a recours pour utiliser les eaux sulfureuses, car je craindrais d'abuser de votre attention.

Je vais donc résumer en peu de mots les conclusions auxquelles on est conduit, si je ne m'abuse, par la connaissance des faits que je viens d'exposer, quand il s'agit de rechercher quelle est la station thermale vers laquelle il convient de

r de préférence les malades atteints de telle ou telle on.

périence acquise par les médecins qui ont exercé pen-ongtemps leur profession auprès des eaux sulfureuses t certainement les renseignements les plus sûrs, mais orie n'a-t-elle rien à dire? Telle n'est pas mon opinion; ttez-moi de développer ma pensée.

avons établi que les sources de la partie orientale de ne sont plus alcalines que les autres. Il y a certaine-là une indication précise pour le médecin, et il devra llement envoyer vers les établissements de la Preste, du , d'Amélie-les-Bains, de Moligt, les malades chez les-'action combinée du soufre et des alcalis lui paraît de-roduire de bons effets.

t incontestable que les eaux de Bagnères-de-Luchon dé-t dans l'air une quantité d'acide sulfhydrique plus forte lles des autres stations pyrénéennes; c'est donc vers n que devraient être dirigées les personnes qui ont be-respirer dans une atmosphère sulfureuse. C'est là peut établir avec succès des salles d'inhalation, des ap-de humage; c'est là encore que l'atmosphère des pis-era plus riche en soufre que partout ailleurs.

la même localité sont les bains d'eau blanche dont à parlé; ces bains, contenant une dose très-faible de associée à une quantité relativement notable d'hypo-, ne produisent pas d'excitation immédiate, mais ils t sur la peau du soufre en nature, et l'absorption lente tinue de ce corps peut produire les meilleurs effets.

médecin peut trouver, dans cette station privilégiée, des qui lui permettront d'utiliser, pour le traitement de ses s, la chaleur et le soufre, car il y a des sources très-es et plus sulfureuses que partout ailleurs. Il trouve des eaux tempérées et moyennement sulfureuses; il y tre enfin des eaux dégénérées d'une nature toute par-re, qui permettent de plonger le malade dans un lait fre.

eaux d'Ax, plus chaudes et moins sulfureuses que celles hon, s'en distinguent par leur alcalinité. Elles laissent er moins d'acide sulfhydrique dans l'air; quelques-'entre elles présentent le phénomène du blanchiment, un moindre degré qu'à Luchon: elles sont des inter-ires entre ces dernières et celles des Pyrénées-Orien-

réges, nous trouvons des eaux dont la stabilité relative narquable. C'est dans cette station thermale qu'on peut r d'obtenir les meilleurs effets de l'action topique du alcalin, dont la majeure partie reste inaltérée pendant a durée du bain, et l'expérience confirme cette durée. eaux de Labassère sont aussi très-stables, mais on ne lise que pour la boisson.

sources de Saint-Sauveur sont moyennement sulfureu-les contiennent beaucoup de barégine, et leur chaleur peu inférieure à celle du corps. Tout porte à penser raison de leur basse température, elles doivent produire ets sédatifs plus marqués. C'est ce qui résulte en effet servations de M. Fabas.

tation de Cauterets est une des plus riches en sources uses. Les eaux de la Raillère jouissent d'une grande ré-n dans le traitement des maladies des voies respiratoi-fait a été mis hors de doute par les travaux de MM. Bor-amus, Baron, Dunbare, Gigot-Suard, et de plusieurs autres praticiens. Il me serait impossible de donner une explication satisfaisante de cette particularité. Toutefois je me garderais bien de mettre en doute l'exactitude des observations publiées à cet égard par les médecins.

Je constate seulement, en toute sincérité, que les études chimiques faites jusqu'à ce jour ne permettent pas d'expliquer pourquoi les eaux de la Raillère sont plus efficaces que beaucoup d'autres dans le traitement des maladies du larynx ou de la poitrine. Peut-être de nouvelles recherches nous éclaireront-elles à ce sujet. Ceci nous prouve que la chimie est loin de pouvoir tout expliquer, lorsqu'il s'agit de questions aussi difficiles.

J'aurais été heureux de pouvoir mettre en relief, à propos de chaque station thermale, les travaux les plus remarquables dont elle a été l'objet, soit de la part des médecins, soit de la part des ingénieurs, soit de la part des chimistes; mais je dois, à mon grand regret, renoncer à cette satisfaction.

Je ne puis pourtant m'empêcher de rendre hommage au zèle persévérant avec lequel tous les membres de la Société d'hydrologie médicale de Paris ont contribué au progrès de la science des eaux minérales.

Les annales que publie cette Société constituent un recueil précieux où l'on trouve des travaux originaux de la plus grande valeur.

Je m'arrête, le temps me manque pour entrer dans de plus longs détails. Je m'estimerai heureux si j'ai pu vous donner une idée exacte de la composition et des propriétés des eaux minérales des Pyrénées, dont l'étude m'a occupé pendant près de vingt ans. J'ai surtout examiné ces eaux comme chimiste, cherchant à compléter les travaux remarquables d'Anglada. Si j'ai insisté d'une façon toute particulière sur la partie chimique, c'est qu'elle m'était plus familière, que je craignais moins de m'égarer et de me montrer indigne de l'attention bienveillante dont vous venez de m'honorer.

FILHOL,
Doyen de la Faculté des sciences de Toulouse.

BULLETIN DES COURS

Faculté des sciences de Paris

PHYSIOLOGIE (les lundis, à trois heures). — M. PAUL BERT ouvrira ce cours le lundi 18 janvier et traitera des *fonctions de relation*. — Le laboratoire d'enseignement de l'École des hautes études, annexé à la chaire de physiologie, est ouvert dès maintenant. Les exercices ont lieu sous la direction de M. P. Bert, les mercredis et vendredis, de deux heures à quatre heures.

Faculté de médecine de Paris

CHIMIE ORGANIQUE (les mardis et samedis, à midi). — M. WURTZ (de l'Institut) ouvrira ce cours le samedi 16 janvier, et le continuera les samedis et mardis suivants à la même heure.

Enseignement libre de la Sorbonne

CHEMINS DE FER (les mercredis et samedis, à deux heures). — M. CH. GOSCHLER, ingénieur, traite des diverses questions qui se rattachent aux chemins de fer et en expose l'histoire (ouvert depuis le 6 janvier).

HOMŒOPATHIE (les vendredis, à huit heures du soir). — M. le docteur LÉON SIMON étudiera l'homœopathie dans ses principes et ses applications. Il ouvre son cours le 15 janvier.

MÉCANIQUE PHYSIQUE (les mercredis et samedis, à neuf heures du matin). — M. REECH, directeur de l'École d'application du génie maritime, traitera des machines motrices et des effets mécaniques de la chaleur. L'ouverture de ce cours sera ultérieurement annoncée.

Institution royale de la Grande-Bretagne

LECTURES DU VENDREDI SOIR

(à neuf heures du soir)

15 janvier 1869. — M. TYNDALL (de la Société royale de Londres) : Les radiations et les molécules chimiques.

22 janvier. — M. ALEXANDER HERSCHEL : La dernière éclipse de soleil.

29 janvier. — M. JOHN RUSKIN : L'architecture flamboyante dans la vallée de la Somme.

5 février. — M. JAMES FERGUSSON (de la Société royale de Londres) : Le culte des arbres et des serpents d'après les monuments indiens récemment découverts.

12 février. — M. le colonel W. F. DRUMMOND-JERVOIS : Les fortifications des côtes d'Angleterre.

19 février. — M. C. GREVILLE WILLIAMS (de la Société royale de Londres) : Les empoisonneuses des XVI[e] et XVII[e] siècles.

26 février. — M. JOHN H. BRIDGES : Influence de la civilisation sur la santé publique.

5 mars. — M. WILLIAM HUGGINS (de la Société royale de Londres) : Des récentes découvertes en astronomie faites au moyen de l'analyse spectrale.

12 mars. — M. ABEL (de la Société royale de Londres) : Sur quelques applications de l'électricité aux entreprises militaires et maritimes.

19 mars. — M. CRUM BROWN : Sur la constitution chimique des corps et ses rapports avec leurs propriétés physiques et physiologiques.

Les lectures du vendredi soir n'auront pas lieu les 26 mars et 2 avril ; elles reprendront le 9 avril pour continuer sans interruption jusqu'au 4 juin.

COURS SUIVIS

(à trois heures après midi)

LECTURES DE NOEL POUR LES JEUNES GENS. — M. W. ODLING (de la Société royale de Londres) : Les transformations chimiques du carbone (6 leçons du 29 décembre 1868 au 9 janvier 1869).

Trimestre avant Pâques

M. RICHARD WESTMACOTT (de la Société royale de Londres) : Sujets en rapport avec les beaux-arts (6 leçons, les mardis, du 12 janvier au 16 février).

M. FR. W. FARRAR (de la Société royale de Londres) : Histoire et résultats de la philologie comparée (4 leçons, les mardis, du 23 février au 16 mars).

M. RUPERT JONES : Les animaux inférieurs, leur distribution dans le temps et dans l'espace, et les résultats de leur agencement à la surface de la terre (les jeudis 14, 21 et 28 janvier).

M. MICHAEL FOSTER : Les mouvements involontaires des animaux (les jeudis 4, 11 et 18 février).

M. JOHN HARLEY : La respiration et son influence sur le cœur (les jeudis 25 février et 4 mars).

M. HENRY POWER : L'œil chez les animaux et chez l'homme (les jeudis 11 et 18 mars).

M. W. ODLING (de la Société royale de Londres) : L'hydrogène et ses analogues (10 leçons, les samedis, du 16 janvier au 20 mars).

Trimestre après Pâques

M. ROBERT GRANT (de la Société royale de Londres) : L'astronomie (9 leçons, les mardis, du 6 avril au 1[er] juin).

M. TYNDALL (de la Société royale de Londres) : 9 leçons, les jeudis, du 8 avril au 3 juin, sur un sujet non encore choisi.

M. ARCHIBALD GEIKIE (de la Société royale de Londres) : La géologie (les samedis 10, 17 et 24 avril).

M. SEELEY : L'histoire des premiers temps de Rome (les samedis 8, 15 et 22 mai).

M. EMMANUEL DEUTSH : Les études sémitiques (les samedis 29 mai et 12 juin).

Muséum d'histoire naturelle de Paris

Cours de l'année classique 1868-1869. — (2[e] semestre.)

CHIMIE APPLIQUÉE AUX CORPS ORGANIQUES (les mardis, jeudis et samedis, à neuf heures trois quarts). — M. CHEVREUL (de l'Institut), professeur, traitera de l'application des connaissances chimiques à l'étude des êtres vivants, au point de vue de l'agriculture, de la médecine et de l'hygiène publique. Ce cours commencera le jeudi 15 avril, dans le grand amphithéâtre du Muséum.

CHIMIE APPLIQUÉE AUX CORPS INORGANIQUES (les mardis, jeudis et samedis, à deux heures). — M. FREMY (de l'Institut), professeur, développera les théories chimiques qui sont particulièrement applicables aux recherches du laboratoire. Ce cours commencera le jeudi 15 avril.

MINÉRALOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à onze heures). — M. DELAFOSSE (de l'Institut), professeur, après avoir exposé les propriétés générales des minéraux, et les principes qui servent de base à leur classification, fera l'histoire des principales espèces comprises dans la classe des pierres. Ce cours commencera le lundi 19 avril.

GÉOLOGIE (les mardis, jeudis et samedis, à midi). — M. DAUBRÉE (de l'Institut), professeur, traitera de la disposition et du mode de formation, dans l'écorce terrestre, des principales substances utiles, et notamment des substances pierreuses et salines. La seconde partie du cours sera particulièrement consacrée à celles de ces notions qui intéressent l'agriculture. Le professeur résumera les études faites dans ces deux dernières années par des considérations d'ensemble sur la formation des masses constitutives du revêtement terrestre. Ce cours commencera le jeudi 15 avril.

PALÉONTOLOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à midi). — M. D'ARCHIAC, professeur. Le cours de paléontologie de l'année 1869 devra être la continuation de celui de 1868. Le professeur terminera l'étude des faunes et des flores de la période jurassique en Europe et passera ensuite à celles des autres parties de la terre. Ce cours commencera le vendredi 16 avril.

BOTANIQUE (les lundis, mercredis et vendredis, à neuf heures et demie). — M. AD. BRONGNIART (de l'Institut), professeur. Ce cours aura pour objet l'étude anatomique et physiologique, et la classification des plantes cryptogames vivantes et fossiles. Ce cours commencera le lundi 19 avril.

CULTURE (les mardis, jeudis et samedis, à huit heures et demie du matin). — M. DECAISNE (de l'Institut), professeur, fera l'histoire des végétaux cultivés ou seulement exploités dans les différentes régions du globe, comme plantes commerciales ou industrielles. Ce cours commencera le 15 avril.

Le professeur fera des HERBORISATIONS qui seront annoncées par des avis particuliers.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — M. CLAUDE BERNARD (de l'Académie française, de l'Académie des sciences de Paris et de la Société royale de Londres). Les jours et heures des leçons ne sont pas encore fixées.

ANTHROPOLOGIE (les mardis, jeudis et samedis, à trois heures un quart). — M. DE QUATREFAGES (de l'Institut), professeur, traitera les principales questions de l'anthropologie générale (antiquité de l'homme, migrations humaines, acclimatation, etc.). Il terminera son cours par l'exposé des caractères généraux des races humaines. Ce cours commencera le jeudi 15 avril.

HISTOIRE NATURELLE DES MAMMIFÈRES ET DES OISEAUX (les mercredis et vendredis, à trois heures et demie). — M. MILNE EDWARDS (de l'Institut), professeur, traitera de l'organisation, de la physiologie et de la classification méthodique des mammifères et des oiseaux. Ce cours commencera le vendredi 16 avril. Des conférences et travaux pratiques auront lieu les jours intermédiaires.

HISTOIRE NATURELLE DES CRUSTACÉS, DES ARACHNIDES ET DES INSECTES (les lundis, mercredis et vendredis, à une heure). — M. ÉMILE BLANCHARD (de l'Institut), professeur, traitera de l'anatomie et de la physiologie des animaux articulés, et, dans une partie du cours, il s'occupera spécialement des insectes nuisibles à l'agriculture. Ce cours commencera le lundi 19 avril.

DESSIN APPLIQUÉ A L'HISTOIRE NATURELLE (les lundis, mercredis et vendredis, à onze heures). — M. BARYE, pour les animaux. Ce cours commencera le lundi 19 avril.

M. LESOURD-BEAUREGARD, pour les plantes (les mardis, jeudis et samedis, à une heure). L'époque de l'ouverture de ce cours, qui dépend de la marche de la saison, sera annoncée par une affiche particulière.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ÈME ANNÉE NUMÉRO 8 23 JANVIER 1869

Paris, 22 janvier 1869.

lémie des sciences est en ce moment au complet en
oncerne ses membres titulaires ou libres et ses asso-
ngers ; mais elle n'a pas moins de 18 correspondants
1 dans la section de mécanique, 4 dans la section
omie, 3 dans la section de géographie et navigation,
a section de physique générale, 2 dans la section de
gie, 2 dans la section de botanique, 1 dans la section
nie rurale, et 2 dans celle de médecine et de chirur-
x sections seulement, celles de géométrie et d'anato-
ologie, ne disposent d'aucune place de correspondant.
verses sections mettent du reste un empressement
al à compléter le nombre de leurs correspondants.
ue la section de géométrie s'est hâtée de remplir des
peu anciennes pour nous faire connaître MM. Kronec-
eierstrass, la section d'astronomie, qui compte trois
vacants depuis trois ans et demi, et un quatrième de-
x ans, ne paraît pas s'en préoccuper beaucoup. Dans
n d'économie rurale, le siége de M. Lindley (de Lon-
également vide depuis près de trois ans et demi.
mholtz sera proposé pour l'une des deux places vacantes
section de médecine et de chirurgie. Espérons que la
adoptera, quoique l'illustre physiologiste de Heidel-
pratique point l'art de guérir. D'ailleurs, si quelques-
membres de la section tiennent à trouver des titres
x proprement dits chez les physiologistes qu'ils doi-
ssocier, ils peuvent cette fois être amplement satis-
phthalmoscope, pour ne prendre qu'un seul exemple,
pas en effet une des plus importantes conquêtes de
cine contemporaine ? Quant à la seconde place, les
s de la section se souviendront-ils que M. du Bois-
d, un des chefs de la physiologie allemande, ne figure
re dans notre Académie ?
tion de physique proposera probablement M. J. Tyn-
r une des trois places dont elle dispose. Puisque sir
Thomson n'a pas encore été accepté par les géomè-
s de la dernière élection, les physiciens le revendi-
peut-être aussi comme un des leurs.
s cinq correspondants que possède actuellement la
le géographie et navigation, quatre sont Russes, deux
et deux amiraux. L'Académie ne nommera-t-elle point
les trois places vacantes le capitaine Maury, des États-
nt les travaux sur la géographie des mers ont fondé,
si dire, une branche nouvelle de la science.
u'il y a une place vacante dans la section de mécani-
us ne pouvons nous dispenser de faire remarquer que

VI.

l'illustre fondateur de la théorie mécanique de la chaleur, M. Mayer, ne fait partie, ni de l'Académie des sciences de Paris, ni de la Société royale de Londres. M. Joule (de Manchester), qui marcha le premier sur ses traces, n'appartient pas non plus à notre Académie.

A en croire les publications officielles de l'Académie des sciences, M. Hofman serait toujours à Londres, M. Paul Gervais à Montpellier, et M. Matteucci serait mort à l'université de Pise, dont il a fait partie autrefois lorsque le grand-duché de Toscane existait encore. Tout cela était vrai lorsque ces savants sont entrés à l'Académie, mais tout cela a cessé de l'être; et il est étonnant que les publications officielles de l'Institut aient l'air de ne pas connaître ce que personne n'ignore. Quand la mort l'a surpris à Livourne, il y avait longtemps déjà que M. Matteucci dirigeait l'Institut des études supérieures de sciences physiques et naturelles annexé au Muséum royal de Florence, où l'on avait créé pour lui une chaire de phénomènes physiques des corps vivants remplacée, à sa mort par une chaire de physiologie comparée. Depuis plusieurs années déjà M. Paul Gervais est professeur à Paris, soit à la Faculté des sciences, soit au Muséum. Enfin M. Hofman a bien habité Londres autrefois : on s'y souvient encore de son cours au Collége royal de chimie et de ses lectures à l'Institution royale ; il y fut le maître du Comte de Paris, élu plus tard membre de la Société royale de Londres *on the royal list*, — c'est pour cette raison que nous ne l'avons pas cité samedi dernier parmi les membres français de cette Société. — Mais il y a plusieurs années que M. Hofman a quitté l'Angleterre pour devenir professeur à l'université de Berlin, où on l'a attiré en lui faisant construire ce splendide laboratoire qui n'a pas été moins admiré ni moins envié en France que le fusil à aiguille.

—Le concours d'agrégation de la Faculté de médecine (section de pathologie interne), dont nous avons déjà parlé à propos des difficultés qui marquèrent son installation (tome V, p. 792 et 808), approchera bientôt de son terme. Voici la liste des quinze candidats qui ont été déclarés admissibles aux épreuves définitives pour les six places mises au concours : 1. Cornil; 2. Bouchard ; 3. Damaschino; 4. Lancereaux; 5. Hayem; 6. Lécorché; 7. Brouardel; 8. Leven; 9. Ollivier; 10 Chalvet; 11. Beaumetz ; 12. Fernet; 13. Laborde ; 14. Audhoui ; 15. Ferran. — On commencera bientôt les thèses dont la discussion doit clore le concours.

— La commission chargée de tracer le programme du futur observatoire météorologique de Montsouris vient d'être augmentée de deux nouveaux membres : M. Bouchardat, professeur d'hygiène à la Faculté de médecine de Paris, et M. Belgrand, inspecteur général des ponts et chaussées.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE

M. GEORGES VILLE (1)

L'agriculture par la science et par le crédit

Messieurs,

Je voudrais vous donner ce soir une idée des changements qui se sont produits, depuis une cinquantaine d'années, dans l'art d'exploiter le sol, et en marquer exactement à vos yeux la portée économique. En me livrant à cette étude rétrospective, je ne cède pas à un simple intérêt de curiosité, mais au désir de vous montrer comment les résultats récents dus au concours de la science se rattachent aux progrès antérieurs dont ils sont la continuation agrandie et comme le couronnement.

Vous n'ignorez pas que la grande enquête prescrite par le décret du 16 mars 1866 touche maintenant à son terme. Tout ce qui se rattache aux intérêts agricoles du pays a été agité dans cette vaste information. Riche des faits qu'elle a mis en lumière, j'ai l'intention de revenir sur une question que j'ai déjà traitée dans cette enceinte, incidemment il est vrai, et de rechercher de nouveau dans quelle mesure l'agriculture peut avoir recours au crédit, et sous quelle forme ce concours doit lui être accordé pour qu'il soit le plus fructueux possible. En d'autres termes, nous allons nous enquérir à la fois des services que la science a rendus à l'agriculture, et de ceux qu'il est permis d'attendre du crédit. — Pour se faire une idée nette de la situation agricole d'un pays, on a besoin d'être fixé sur l'étendue et le mode de répartition de ses forces productives.

I. — Depuis 1789 la propriété a subi en France une extrême division ; c'était un effet inévitable de la loi qui règle le partage des héritages. Sur les 48 millions d'hectares que comprend notre territoire agricole, la grande propriété en possède 18 ; la moyenne 8, et la petite, 21 ou 22 millions. La grande propriété et la moyenne réunies sont aux mains de 2 millions de possesseurs, alors que la petite propriété en compte 23 millions. La petite propriété domine donc la grande et la moyenne par le nombre de ses représentants et par l'étendue de la surface dont elle dispose. Lorsqu'on veut apprécier dans leur ensemble les intérêts qui naissent de cette situation, influencée en outre par la législation, par les conditions économiques, les taxes, les tarifs de douane, par les mœurs, etc., il faut toujours avoir présent à l'esprit qu'il y a en France 23 millions de petits propriétaires ne possédant que des surfaces exiguës, et que vouloir donner des conseils qui ne s'adresseraient qu'aux grands propriétaires, ce serait aller évidemment à l'encontre du but que nous nous sommes proposé.

Le progrès qui domine tous les autres depuis cinquante ans, c'est la tendance qui porte tous les peuples de l'Europe à supprimer les jachères, et à substituer au régime triennal des assolements alternants où la terre est occupée par des plantes de nature différente, de manière à ne jamais la laisser improductive. Comme le régime triennal marque une grande époque dans l'histoire agricole, à raison de la sécurité et des garanties d'ordre qu'il donne aux sociétés, quelles que soient d'ailleurs ses imperfections, qu'il me soit permis de vous en rappeler l'ordonnance et l'économie.

Le système triennal consiste à faire de la terre deux parts égales, l'une qu'on maintient toujours en prairies, l'autre qu'on divise en deux ou trois soles vouées invariablement à la production des céréales, mais avec cette réserve que la terre est laissée en jachère, c'est-à-dire improductive, une année tous les deux ou trois ans. La culture exclusive des céréales, alternant avec la jachère et le libre parcours devenu commun, forment donc les deux traits saillants du système triennal.

Pourquoi ce système est-il un grand système, et pourquoi mérite-t-il de faire époque dans l'histoire de l'agriculture ? — Parce qu'il donne aux sociétés qui l'emploient une sécurité entière tant que sa puissance de production suffit à leurs besoins. En effet, lorsqu'on le suit dans toute sa rigueur, ce système n'épuise pas la terre ; il ne porte pas atteinte à la fécondité naturelle du sol ; les rendements qu'il produit se maintiennent indéfiniment. Mais, il faut le reconnaître, ce système a aussi des inconvénients : d'abord il est peu productif ; quoi qu'on fasse, si on l'applique pendant une longue suite d'années, il vient un moment où les rendements, après avoir été ou plus élevés ou plus bas, s'arrêtent pour le froment à 14 hectolitres de grain par hectare et à 2500 kilogrammes de paille ; c'est la limite extrême du progrès auquel on peut prétendre. Il était donc évident que le jour où ce régime ne répondrait plus aux besoins nés de l'accroissement de la population, il devrait disparaître ou se transformer.

Cette transformation a commencé il y a une cinquantaine d'années et s'étend de jour en jour, sous l'empire d'une nécessité que les agriculteurs ont subie sans s'en rendre bien exactement compte. Il a été remplacé ou il tend à l'être par des assolements alternes, d'où la jachère est exclue. Or, comme c'est là, à mes yeux, le plus grand progrès agricole de la première moitié de ce siècle, appliquons-nous à en faire ressortir le caractère et la portée.

Dans le système triennal, un tiers des terres reste improductif ; avec les assolements alternes, la totalité de la terre est toujours en travail. Par conséquent il est de toute évidence que ces derniers l'emportent par l'importance de l'étendue cultivée. Dans le système triennal, le rendement du froment s'arrêtait à 14 hectolitres de grain par hectare ; avec les assolements alternes, où la jachère est remplacée par la culture du trèfle et des pommes de terre, qui permettent d'entretenir un plus nombreux bétail, le rendement du froment atteint 20 hectolitres, et celui de la paille passe de 2500 kilogrammes à 3300 kilogrammes par hectare. L'avantage reste donc encore aux assolements alternes sous le rapport du rendement.

Mais, si l'on applique les assolements alternes dans toute leur rigueur, c'est-à-dire si l'on n'emploie comme agent de fertilité que le fumier produit sur le domaine, et que le sol doive fournir à la fois l'engrais qui fertilise la terre et les céréales ou autres récoltes destinées à l'exportation, le rendement de 20 hectolitres de grain par hectare devient à son tour une limite infranchissable et forme le terme d'un progrès qu'on ne peut dépasser.

(1) Voyez un cours de physique végétale par M. G. Ville, dans notre tome II, année 1865, pages 522, 594, 628, 643, 714, 755, 783, 825, sur la formation des végétaux, les produits qui en résultent, et la germination ; — et dans notre tome III, année 1866, pages 68, 95, 131, 233, sur l'assimilation de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène par les plantes ; — dans notre tome V, année 1868, pages 75, 100, 131, 146, 192, 206, six conférences faites au champ d'expériences de Vincennes, sur la production végétale et les engrais chimiques.

supériorité sous le rapport du rendement, les asso-
lternes joignent un autre avantage, celui d'atténuer
venir, dans une certaine mesure, les crises alimen-
effet, dans ce système, le trèfle et une grande par-
ommes de terre sont employés à la nourriture du
a récolte est-elle mauvaise, le prix du blé s'élève,
i de la viande et des pommes de terre suit une pro-
correspondante : le producteur trouve alors avan-
défaire de ses animaux et de son stock de pommes
qui servent à combler, au moins en partie, le déficit
s. Survient une bonne récolte : le prix des grains
ussitôt la spéculation se reporte sur les cultures pro-
urrir et à engraisser le bétail.

nséquent, je le répète, avec le régime des assole-
ternes, les crises alimentaires perdent beaucoup de
vité ; la production n'étant plus restreinte aux cé-
cultivateur possède toujours des terres disponibles
ut changer la destination à bref délai. Pour conjurer
des mauvaises récoltes, on peut donc s'en remettre
ive privée et au libre jeu de l'offre et de la demande,
n matière économique, est la meilleure des solu-

s assolements alternes ont, à leur tour, un défaut
vient un moment où ils ne répondent plus aux be-
la consommation, puisque avec eux on ne peut dé-
rendement de 20 hectolitres. Pourquoi cette limite
ssable ? Parce que le fumier dont on dispose, et qui
l agent de fertilité qu'on emploie, ne permet pas
lte plus abondante. En effet, la limite des rende-
pour expression la quantité des agents de fertilité
iennent les pailles et les produits de la prairie con-
à l'étable.

rrête ici pour bien constater ce premier fait : supé-
s assolements alternes, mais défaut grave, en ce que
ements, de même que le système triennal, puisant
eux-mêmes, n'ouvrent à l'agriculture qu'une voie li-
progrès. C'est ici que la science intervient, et qu'un
rdre de choses commence.

usqu'à ces trente dernières années, on avait consi-
mier de ferme comme un produit *sui generis*, seul
d'entretenir la fertilité du sol, et le seul auquel
ure pût avoir recours. C'était là cependant une opi-
née, car le fumier est un mélange de diverses sub-
ui, associées à l'état de produits chimiques d'après
règles et dans certaines proportions, manifestent les
ffets que le fumier lui-même, et peuvent dans cer-
lui être supérieures. Nous savons d'expérience cer-
, sans le secours du fumier, on peut communiquer
les plus pauvres la fécondité des sols les plus favori-
égler presque à volonté, à l'aide de ces produits, le
la végétation. Il y a trois ans, dans cette même
j'ai présenté les éléments fondamentaux de cette
ation (1). Aujourd'hui je veux la reproduire et la raf-
n me fondant exclusivement sur le témoignage de
et c'est à une époque où la doctrine des engrais chi-
'était pas encore pressentie que je demanderai de
e mes preuves et la justification des résultats qu'elle
oduits.

z la conférence de M. G. Ville sur *la Crise agricole devant* dans notre tome III, page 273, 24 mars 1866.

S'il est vrai que quatre substances, le phosphate de chaux, la potasse et la chaux, associées à une matière azotée, suffisent dans les conditions où l'agriculture opère, à la production de toutes les plantes, il est évident qu'il doit y avoir balance entre les quantités de ces quatre substances que contiennent le fumier et les récoltes. L'histoire d'une époque où ces notions étaient inconnues peut donc intervenir pour infirmer ou consacrer la justesse et la vérité de la doctrine des engrais chimiques. Eh bien ! faisons la preuve ; ce petit tableau en résume tous les éléments pour le système triennal :

BALANCE ANNUELLE.	PAR HECTARE (1). Fumier.	Récolte.
Acide phosphorique......	39,4	37,8 (2)
Azote.....	82,8	87,4
Potasse..............	102,6	53,4
Chaux.........	160,0	32,9

La balance conclut en notre faveur, car pour deux éléments de production, l'acide phosphorique et l'azote, elle se solde en équilibre, et pour les deux autres, la potasse et la chaux, elle se solde par un excédant en faveur du fumier et de la terre.

Suivons les conséquences de ce premier fait : La doctrine des engrais chimiques affirme que les substances qui règlent la formation des récoltes n'agissent qu'à la condition d'être associées toutes les quatre ; elle ajoute que chacune d'elles, suivant la nature des plantes, remplit tour à tour une fonction subordonnée ou prédominante, et que cette prédominance ou cette subordination dépendent exclusivement de la nature des plantes. La doctrine des engrais chimiques dit encore, comme troisième proposition, qu'il faut diviser les végétaux en deux grandes classes au point de vue de la source où ils puisent l'azote : ceux qui le prennent de préférence dans l'air, comme les légumineuses ; et ceux, au contraire, qui, à l'exemple des céréales, ont besoin de le trouver dans le sol. Enfin la doctrine des engrais chimiques affirme que les substances constitutives de l'engrais cessent de manifester leur action si on les emploie isolément dans une terre dépourvue des trois autres, et deviennent, à ce point de vue, une non-valeur pour la végétation.

A la lumière de ces notions, nous pouvons découvrir au système triennal des défauts que l'observation, livrée au seul témoignage de l'empirisme, n'aurait pu ni formuler, ni même pressentir, et arriver enfin par le même procédé de critique, appliqué aux assolements alternes, à une justification plus complète, plus entière, de la doctrine des engrais chimiques.

Le système triennal laisse dans la terre un excédant de potasse et de chaux. Après ce que nous avons dit de l'inertie qui frappe les éléments de l'engrais, lorsqu'on les emploie isolément, c'est là le défaut grave, puisque ces produits ne peuvent manifester leur action en l'absence de quantités corrélatives de phosphate de chaux et de matière azotée.

Passe-t-on du système triennal au régime des assolements alternes, que trouvons-nous ? Que la pratique, sans autre guide que son instinct merveilleux, le jour où elle a dû supprimer la jachère, a eu recours à la pomme de terre et au trèfle qui ont besoin de beaucoup de potasse et de chaux, et qui, en

(1) Boussingault, *Économie rurale*, tome II, page 187.
(2) L'acide phosphorique est la partie active du phosphate de chaux.

outre, puisent leur azote dans l'atmosphère, ce qui permet d'utiliser les produits laissés sans emploi dans la terre par le système triennal, et d'arriver à une balance parfaite. Consultons, en effet, l'expérience, et prenons pour exemple un assolement de cinq ans, comprenant la succession suivante de récoltes :

1re année, pommes de terre ; 2e année, froment ; 3e année, trèfle ; 4e année, froment ; 5e année, avoine.

Tandis que dans le système triennal, il y avait excédant de potasse et de chaux, cette fois rien n'est laissé sans emploi, et, à part une petite quantité de chaux qui est sans importance, la balance se solde en équilibre.

	A L'HECTARE (1).	
BALANCE ANNUELLE.	Fumier.	Récolte.
Acide phosphorique	98 kil.	85 kil.
Potasse	255	247
Chaux	281	132
Azote	203	250

Vous me ferez remarquer peut-être que le sol est en perte pour l'azote : cette perte ne doit pas nous inquiéter ; elle n'est en réalité que nominale, puisque nous faisons figurer dans la somme totale de l'azote de la récolte celui du trèfle qui a l'atmosphère pour origine.

Serait-on tenté de nier cette origine ? — Il est facile d'en fournir la preuve. — Dans l'économie de l'assolement alterne pris comme exemple, le froment figure deux fois, la première fois avant le trèfle, et la seconde après cette plante. Or, il est attesté par l'expérience universelle des agriculteurs que le froment qui succède au trèfle produit toujours plus que celui qui le précède. Pourquoi ? — Parce que la troisième coupe de trèfle est enfouie en vert, et que le froment bénéficie de l'azote qu'elle contient et dont l'atmosphère a fait tous les frais.

Il est donc vrai, comme la science basée sur l'expérience l'affirme, que le phosphate de chaux, la potasse, la chaux, unis à une matière azotée, sont la source et la matière première de toutes les récoltes, et vous voyez à quel point l'histoire, interrogée sans parti pris, confirme les quatre propositions fondamentales sur lesquelles repose la doctrine des engrais chimiques.

N'apercevez-vous pas les conséquences qui se déduisent de ces prémisses ? S'il est vrai, et le fait est incontestable, qu'il existe dans la nature des gisements de phosphate de chaux, de potasse, de chaux et de matières azotées, puisque le progrès agricole peut être arrêté dans son essor par l'insuffisance du fumier, il faut avoir recours à ces agents, afin de pousser les rendements à une limite de plus en plus élevée. Cette déduction nouvelle n'a pas seulement pour nous un intérêt théorique, elle nous est imposée par les conditions économiques qui ont prévalu depuis le traité de commerce avec l'Angleterre.

Je pose en principe que l'agriculture par le fumier tout seul a cessé, pour la grande culture, de produire des bénéfices en rapport avec le prix de la terre et le loyer de l'argent, et qu'il lui est impossible de lutter contre l'importation des blés étrangers. Dès lors il devient nécessaire de nous préoccuper du parti qu'on peut tirer, dans la pratique, de ces agents nouveaux qui, en dégageant l'agriculteur des entraves et des charges que lui crée l'obligation de produire son fumier, lui permettront de commander aux rendements de ses terres, comme le mécanicien à sa machine, en donnant plus ou moins de vapeur, ou en consommant plus ou moins de combustible. Le combustible de l'agriculture, ce sont ces éléments premiers de toutes les récoltes. Leur dose règle les produits de la végétation et le profit qu'on en retire.

A l'égard de la petite propriété, la culture par le fumier a des conséquences encore plus graves. La quantité de fumier dont elle dispose étant presque toujours insuffisante, si elle n'est tout à fait nulle, elle soumet la terre à un régime d'épuisement inévitable, qui réagit à son tour sur l'économie générale du pays.

Établissons donc par quelques exemples impossibles à contester, que l'agriculture qui n'opère que par le fumier a cessé d'être une industrie suffisamment rémunératrice, et qu'elle est incapable d'améliorer économiquement, et à bref délai, les terres de qualité inférieure.

Je puiserai ma première preuve dans une exploitation célèbre, la ferme de Bechelbronn en Alsace, à l'époque où elle était dirigée par M. Boussingault, à qui la science agricole est redevable de si utiles et si estimables travaux.

Le domaine dont il s'agit représente une valeur de 300,000 francs, mise en œuvre par un fonds de roulement de 35,000 francs. Or, tous comptes faits, le service des intérêts du capital foncier, fixé à 3 pour 100, le bénéfice obtenu n'est que de 3500 francs par an. Le résultat financier est-il en rapport avec le capital engagé ? Pourtant, sur 110 hectares, dont se compose l'exploitation, 60 sont affectés à la prairie, et la part faite aux animaux est conforme aux règles prescrites par les traditions du passé.

Ne croyez pas que ce faible revenu soit le résultat d'une administration défectueuse ; non, il dépend uniquement du mode de culture qu'on y applique, et il me suffira, pour vous en convaincre, d'énoncer les rendements des principales récoltes.

Froment, 18 hectolitres à l'hectare ; avoine, 32 hectolitres ; betteraves, 26,000 kilogrammes ; foin, 4,345 kilogrammes.

Voilà ce que la pratique la plus éclairée a pu obtenir en n'employant que le fumier comme agent de fertilité.

Pour toute une école d'économistes qui s'occupent des choses agricoles, le faible profit obtenu à la ferme de Bechelbronn ne tient pas au mode de culture adopté, mais à l'insuffisance du capital affecté à l'exploitation. Augmentez, disent-ils, le capital, vous aurez plus de bétail, partant plus de fumier, et les rendements s'accroîtront ; pour les représentants de cette école, l'alternance des cultures servie par un capital puissant est capable de conduire aux rendements les plus élevés, et là est, d'après eux, tout le secret du profit en agriculture.

Qu'y a-t-il de vrai dans cette prétention ? L'exemple de l'institut de Grignon va nous l'apprendre.

Là, le capital de roulement fut, dès l'origine, porté à 1000 francs par hectare ; premier avantage auquel il faut en ajouter un second : Grignon n'avait pas de loyer à payer ; bail de quarante ans lui avait été consenti, et le fermage devait être soldé en améliorations, dont l'établissement av le temps de recueillir tous les fruits. Quel a été le résultat cette tentative ? La négation du principe que le respecta fondateur de Grignon avait eu l'espoir et l'ambition de fa triompher. Non-seulement Grignon n'a pas fourni la preuve

(1) Boussingault, *Économie rurale*, tome II.

roduisait avec profit, ou que le profit était en rapport mportance du capital engagé, mais il s'est toujours à publier ses comptes de culture. Un agronome, ste des plus autorisés, M. Lecouteulx, qui avait pris âche en main, a sollicité vainement les éléments e démonstration, il n'a pu les obtenir. Cependant, la réserve de ses communications avec le public, Grin a dit assez pour que nous puissions suppléer à l'abde ses comptes.

olement suivi dans cet établissement a une durée de s; au point de vue industriel, c'est une période consi-. Eh bien! voici, d'après des chiffres authentiques, avec un capital roulant de 1000 francs par hectare on enu. A la première rotation, le blé d'hiver rendait sur de 21 hectolitres par hectare; à la deuxième, c'est-à-pt ans après, le rendement a été de 24 hectolitres, soit roissement de 3 hectolitres. Mais, en vérité, à qui per-a-t-on qu'un fonds de roulement de 1000 francs par pour obtenir, après sept ans d'efforts, de chances de e toute nature, un excédant de rendement de 3 hecpar hectare soit un résultat dont on puisse se préva- — Le blé de printemps nous mène à des conclusions nes. A la première rotation, le rendement était de tolitres; à la deuxième, il s'est élevé à 26. — Pour le u lieu d'un accroissement de produit, il y a eu dimi-. De 22 hectolitres par hectare, le rendement est desà 16. — Le meilleur résultat a été obtenu sur l'avoine, 39 hectolitres est passée à 51.

s un tel exemple, est-on autorisé à soutenir la toutence du capital pour améliorer à bref délai les terres lité inférieure? — Est-on fondé à prétendre qu'il y a ge à improviser en quelque sorte les cultures fourrapour forcer l'élève ou l'engraissement du bétail?

t-il appuyer cet exemple par un autre plus célèbre en-Je l'emprunterai à un homme dont le nom ne doit être ncé qu'avec un profond sentiment de respect. Je veux de Mathieu de Dombasle. Lorsqu'en 1825, déjà éprouvé s revers de fortune, Mathieu de Dombasle, persuadé culture par le fumier et le bétail pouvait donner des ts avantageux dans de mauvaises terres, se fit un point eur de fournir cette démonstration à ses contempo-Il se mit donc à l'œuvre, et avec une bonne foi qu'on rait trop louer, il fit connaître, chaque année, le résulses tentatives. Après douze ans de lutte obstinée, il advenu? — Mathieu de Dombasle, la tête blanchie années, couronné par l'estime publique, est venu dire nde agricole : « Je me suis trompé : non, l'alternance ltures n'est pas un moyen assuré de bénéfice et de pronalgré tous mes efforts, je n'ai pu dépasser le rendele 12 hectolitres pour le froment, de 18 000 kilogramur la betterave, de 13 hectolitres pour le colza, et tous mptes de culture se soldent en perte! »

messieurs, honneur et respect à cet homme éminent caractère était à la hauteur de l'esprit! Il est le preui ait éclairé de considérations supérieures l'économie ie appliquée aux choses du sol. Que son exemple nous à nous et à ceux qui suivent la même carrière. Honneur à Mathieu de Dombasle, qui n'a pas craint lamer sa défaite dans l'espoir de nous en épargner de bles!

pourra-t-on dire, la pratique de l'Angleterre proteste contre vos conclusions. L'agriculture anglaise, qui réalise de si grands profits, ne doit sa supériorité qu'à son nombreux bétail et à la puissance de son capital.

Pour répondre, je n'ai que l'embarras du choix; mais je me bornerai à citer l'exemple de sir John Hudson, qui doit à ses succès agricoles une fortune opulente. Sur une ferme de 300 hectares, il entretient 10 vaches, 250 bœufs, 3400 moutons, et malgré la quantité énorme de fumier que doit produire un tel bétail, chaque année il achète pour 25 000 francs d'engrais artificiels et pour 50 000 francs de farineux ou de tourteaux, qui équivalent eux-mêmes à une importation d'engrais.

Par conséquent, l'objection tirée de la pratique de l'Angleterre ne porte pas, et nous arrivons finalement à cette conclusion que la culture avec le fumier tout seul, pratiquée par les hommes les plus habiles, les plus autorisés, servie par les circonstances les plus favorables, est impuissante à obtenir des rendements élevés, et que, dans ces conditions, l'agriculture n'a devant elle qu'un horizon borné de progrès et d'amélioration.

Quelles sont les conclusions pratiques auxquelles nous devons nous arrêter? Ces conclusions sont bien simples.

L'agriculture est aujourd'hui à peu près dans les conditions où se trouvait l'industrie avant l'invention de la machine à vapeur. Aussitôt qu'elle fut découverte, on se mit à l'envi à la recherche des gisements de houille, dont l'exploitation prit tous les jours une plus grande activité; les machines se multiplièrent, et l'industrie vit s'ouvrir devant elle la perspective d'une production illimitée. Aujourd'hui, la situation de l'agriculture est exactement la même; il existe dans la nature des gisements inépuisables de ces agents primordiaux de fertilité auxquels le fumier lui-même doit ses bons effets.

Le phosphate de chaux se trouve sous les formes les plus variées dans tous les pays de l'Europe, en France, en Allemagne, en Angleterre, en Espagne surtout, dans les provinces de Cacerès, de Logrosan et de Truxillo, où les gisements à ciel ouvert s'étendent sur une superficie qui se mesure par kilomètres. La potasse forme des chaînes de montagnes dans le granit et le porphyre : on peut l'en extraire économiquement, à des conditions pratiques et industrielles. La potasse existe encore dans les eaux de la mer, d'où M. Balard nous a appris à la retirer. Elle accompagne, dans certaines conditions, à l'état de chlorure et de sulfate, les mines de sel gemme, à Stassfurt en Prusse, où elle forme des dépôts capables de fournir à la consommation de tous les pays de l'Europe pendant plusieurs siècles. On a découvert des gisements analogues en Hongrie; nul doute qu'on n'en découvre encore d'autres dans des conditions géologiques semblables. — Donc la potasse ne peut faire défaut à l'agriculture. Je ne parle pas de la chaux, qui, à l'état de chaux et de plâtre, ne peut non plus nous manquer.

Il n'y aurait tout au plus que les matières azotées qui pourraient nous donner quelque inquiétude, mais cette inquiétude est destinée à cesser bientôt. D'abord le nitrate de soude du Pérou n'a été exploité, depuis une dizaine d'années, que pour la fabrication des produits chimiques; mais il n'est pas douteux que le jour où un marché important et sûr lui sera ouvert, les gisements actuellement connus, qui s'étendent sur une superficie de plus de 80 kilomètres carrés, ne deviennent la source d'une exportation plus importante. Le nitrate de potasse, dans les régions tropicales, se forme incessamment à la

surface du sol. On en importe peu en France, parce que, jusqu'à présent, il n'a été employé que pour les besoins industriels; mais naisse le marché agricole, et ce produit nous arrivera de toutes parts. Quant au sulfate d'ammoniaque, on peut en obtenir des quantités considérables en modifiant le mode de fabrication du coke. A cette source on devra désormais en ajouter une autre plus importante encore. Quand les volcans sont parvenus à la période d'apaisement où ils ne dégagent que de la vapeur d'eau, ils produisent une quantité énorme de sulfate d'ammoniaque qu'on peut extraire en utilisant la chaleur de la vapeur qui a entraîné ce sel à la surface du sol. Le seul volcan aqueux de Travale, dans la province de Volterre, en Toscane, en fournit chaque jour, d'après le professeur Becchi, 1500 kilogrammes, — une tonne et demie! Il m'a été donné de constater un fait analogue sur un grand nombre d'autres volcans de la même origine.

Vous voyez que nous avons des ressources à peu près illimitées de ces produits nouveaux. La conclusion pratique, c'est de les employer dans une proportion tous les jours plus grande, attendu qu'à leur aide, on commande à la fertilité de la terre et qu'on sort enfin du cercle jusque-là infranchissable où l'on était renfermé lorsqu'on ne pouvait recourir qu'au fumier. L'agriculteur gagne à ce changement une liberté d'action qu'il n'avait pas encore connue.

De là une doctrine nouvelle qu'on peut résumer ainsi : 1° Rendre à la terre plus que les récoltes ne lui prennent en acide phosphorique, en potasse et en chaux. 2° Lui rendre 50 pour 100 de l'azote des récoltes, parce que l'air fournit la différence. 3° Au lieu de recourir à un bétail mal nourri et de chercher à improviser des cultures fourragères, s'appuyer surtout sur une importation permanente d'engrais, lorsqu'on opère sur des terres de qualité inférieure, afin d'obtenir immédiatement des rendements élevés, et, suivant le capital dont on dispose et les exigences, la proximité ou l'éloignement du marché où l'on écoule ses produits, décider s'il vaut mieux faire de la viande ou des céréales : EMPLOYER LES ENGRAIS CHIMIQUES SEULS OU ASSOCIÉS AU FUMIER DE FERME, LE CHOIX ÉTANT INDIFFÉRENT.

Mais à quelque parti qu'on s'arrête, il faut toujours donner pour auxiliaire au fumier des engrais spéciaux, dont la nature est déterminée par celle des plantes qui composent l'assolement. Où l'avantage inhérent à l'emploi des engrais chimiques se révèle surtout, c'est dans la facilité qu'on acquiert de varier et de régler à volonté la composition des fumures suivant les besoins différents de chaque plante, faculté qu'on ne possède pas avec le fumier. Vous pouvez bien employer des quantités de fumier plus ou moins grandes, mais vous ne pouvez pas en changer la composition; tandis qu'avec les engrais chimiques vous faites prédominer à votre gré la matière azotée, le phosphate de chaux, la potasse, là où cette prédominance est reconnue utile. Et ainsi l'agriculture sort des voies incertaines de l'empirisme pour entrer dans les voies plus sûres de la science, définissant toutes choses, se rendant compte de tous les termes des problèmes qu'elle agite et qu'elle a l'ambition de résoudre.

III. — Je viens de vous montrer comment il faut comprendre l'application de la science à l'agriculture. Il me reste maintenant à rechercher ce qu'il est permis d'attendre du concours du crédit.

L'enquête qui vient de finir, n'eût-elle fait que révéler les préoccupations unanimes du monde agricole à cet égard, que nous devrions nous féliciter de l'initiative prise par l'empereur, à qui nous en sommes redevables, et qu'elle mériterait une place à part dans l'histoire agricole de notre siècle. Ouvrez cette enquête, il n'y a qu'une voix : sociétés d'agriculture, comices, simples particuliers, tout le monde se plaint de l'insuffisance des institutions actuelles de crédit et en demande de nouvelles. Mais il ne suffit pas de se plaindre, il faut envisager ces problèmes de plus haut, et rechercher, l'esprit libre de toute préoccupation personnelle, quelles sont les solutions vraiment utiles pour le bien du pays que ces questions peuvent et doivent recevoir.

L'enquête agricole a eu ce premier résultat considérable d'amener ce qu'on demandait vainement depuis une quinzaine d'années, la modification de certaines dispositions de notre législation civile.

Pour obtenir le concours du crédit, la première condition c'est d'être solvable, d'avoir un gage à offrir, de se placer dans le droit commun, et de ne pas demander de faveur. Le crédit est soupçonneux; pour avoir son concours, il faut d'abord mériter sa confiance. Or, sous l'empire de la législation actuelle, l'application du crédit à l'agriculture était vraiment impossible. Lorsqu'après la grande commotion de 1789, on se préoccupa de codifier nos anciennes coutumes, rajeunies et amendées par les discussions de la Constituante et de la Législative, l'agriculture n'était pas considérée comme une industrie, et l'on ignorait les exigences de l'exploitation du sol; aussi toutes les préoccupations du législateur tendirent-elles à mettre la propriété, cette base primordiale des sociétés, à l'abri de toute atteinte. Les préoccupations, sous ce rapport, furent poussées si loin, qu'on dépassa le but, et que les intérêts de ceux qui exploitent le sol furent méconnus, pour ne pas dire sacrifiés. Je puis vous en citer un exemple.

Un fermier, payant 7 à 8000 francs de fermage et possédant, je suppose, un cheptel de 100 000 francs, ne peut emprunter ni sur son bétail, ni sur ses récoltes, ni sur son matériel, parce que tout ce qui garnit la ferme ou en dépend est affecté à la garantie du propriétaire, dont le privilége s'exerce, non-seulement pour les loyers échus, mais aussi pour les loyers à échoir jusqu'à l'expiration du bail. Ce privilége, fût-il limité, le fermier ne pourrait pas davantage se servir de ces objets pour se procurer l'argent dont il a besoin, parce que, au terme de la loi civile, le gage ne se constitue que par la tradition, et que d'ailleurs il ne peut s'en dessaisir, sans arrêter immédiatement les travaux de son exploitation. — Que résulte-t-il de là? — Que pour constituer le crédit agricole, il faut d'abord réduire le privilége du propriétaire à de sages limites, donner à l'exploitant la faculté d'engager ses bestiaux, ses récoltes, son matériel, sans les déplacer; rendre ce gage facilement réalisable à l'échéance; assimiler autant qu'il est possible la condition de l'agriculteur à celle du commerçant.

Félicitons-nous du résultat produit par l'enquête; le nouveau code rural donnera satisfaction à ces justes réclamations. Les conditions primordiales que le crédit exige, et sans lesquelles son application à l'agriculture n'est pas possible, seront maintenant remplies; l'agriculteur pourra s'adresser au crédit au même titre que l'industriel, il offrira les mêmes garanties, s'il n'en offre pas de plus grandes.

Mais quelles sont les institutions les mieux appropriées aux besoins agricoles? Sous quelle forme le crédit pourra-t-il in-

nir ? Voilà une question grave et fondamentale qu'il nous maintenant envisager sous ses divers aspects.

n nombre de personnes soutiennent que l'agriculteur mprunte est un homme ruiné d'avance. A cet égard, il de s'entendre. Emprunter pour acquérir de la terre est, fet, une mauvaise opération, puisque l'intérêt foncier est à 3 pour 100, tandis que celui qu'on doit fournir au ca- emprunté s'élève à 5 ou 6 pour 100, dans les meilleures itions. Il ne peut donc être question de favoriser les opé- ns de cette nature. Mais il n'en est plus de même lors- l'agriculteur veut être industriel et que l'emprunt est né à améliorer l'exploitation du sol. Voyons donc quelles les natures diverses d'opérations qui, en agriculture, ent se présenter, et quels sont les modes différents de t qui leur sont applicables.

us distinguerons d'abord les améliorations inhérentes au qui lui sont à jamais acquises et lui donnent une plus-value l'importance est connue et facile à apprécier. Je citerai remier lieu l'irrigation. Personne n'ignore que le capital loyé à mettre une terre à l'arrosage rapporte, à raison de mentation de récolte qu'il procure, entre 25 et 50 pour Dans ces conditions que faut-il faire ? Emprunter à long e en obligations amortissables, et bénéficier de la plus- que donne l'amélioration. Je dirai la même chose du nage, qui donne en moyenne 10 pour 100 du capital dé- é, et qui, dans certaines régions extrêmement humides, ne la basse Écosse, par exemple, produit une plus-value à 30 pour 100.

ur ces deux natures d'opérations, le crédit foncier répond s les besoins. Mais, dit-on, le crédit foncier a d'abord premier inconvénient de rendre publics les emprunts. tez-moi vous dire que ce n'est pas là un défaut et qu'on ne ait trop se tenir en garde contre les emprunts qui veu- se dissimuler. On objecte encore que les titres de pro- iétés, lorsqu'il s'agit surtout de propriétés d'une moyenne ortance, sont rarement en règle, et que le crédit foncier rès-exigeant, qu'il veut des titres absolument inattaqua- . A cet égard on ne peut qu'approuver la circonspection cette institution et la sévérité dont ses statuts lui font leurs une loi. Aussi nous bornerons-nous à émettre un , c'est qu'on institue des tribunaux de titres destinés, me cela se fait en Irlande avec toute sorte d'avantages, à lariser et à liquider la situation de la propriété foncière. me semble donc, en tant qu'il s'agit de travaux d'amé- ation, que les institutions dont l'empire nous a dotés satis- à toutes les exigences.

ais améliorer le sol par des travaux une fois exécutés, dont effets se continuent pendant une longue suite d'années, ne ne pas satisfaction à tous les intérêts de la culture. Il reste ours la question du fonds de roulement que l'agriculteur ossède qu'en partie et qu'il a besoin d'accroître, suivant irconstances, pour acheter des machines, des engrais ou bétail. Or, dans ce cas particulier, il n'est pas nécessaire ecourir à un crédit à très-long terme. Des avances à un an uinze mois, produites par l'escompte de simples billets à échéance, seraient la solution la mieux appropriée aux ins de l'agriculture, à qui elles laisseraient le temps de iser les produits de la récolte courante.

omment obtenir cet escompte spécial ? On ne peut penser demander à la Banque. Ses statuts le lui interdisent for- lement. Les solutions fondées sur la création d'un papier, qui serait pour l'agriculteur l'équivalent du billet de banque pour le commerce et l'industrie, ne peuvent pas mieux être discutées, tant elles sont en opposition avec l'état de l'esprit public et les notions les plus élémentaires en matière de cré- dit. Au lieu de prendre notre point de départ dans des inno- vations aventureuses, il faut nous préoccuper de donner au capital un surcroît de garantie en évitant les affectations dis- simulées que l'agriculture s'est trop souvent permises.

Pour que l'emprunt soit fécond, il faut qu'il reçoive la des- tination pour laquelle il a été demandé et concédé. Il est donc indispensable de savoir comment on doit s'y prendre pour atteindre ce but. De toutes les solutions proposées dans l'en- quête, une seule me semble vraiment pratique et efficace. C'est la fondation de banques locales (1). Une banque par ar- rondissement suffirait certainement pour donner au créan- cier toute la sécurité désirable, et à l'emprunteur les facilités que ses opérations commerciales et industrielles réclament.

Ici se présente une nouvelle question. Ces banques seront- elles indépendantes de l'État, ou est-il préférable que l'État leur donne son attache, et, dans ce dernier cas, sous quelle forme, dans quelle mesure aura lieu son intervention ?

En matière d'industrie j'incline peu en faveur du concours de l'État, et lorsque ce concours est reconnu absolument in- dispensable, je suis d'avis qu'il y a toutes sortes d'avantages pour le public et pour l'État lui-même à le restreindre autant que possible. Je ne demanderais donc à l'État, dans la consti- tution des banques locales, qu'un concours presque nominal, destiné surtout à leur assurer dès l'origine la confiance et la faveur publiques.

Supposons en effet que chaque banque soit pourvue d'un ca- pital de garantie de 100 000 fr., constitué par une émission d'actions de 500 fr. Je proposerais d'abandonner la moitié des actions au public, un quart au département et un quart à l'État. Le concours de l'État se trouverait donc limité à un engagement de 10 millions pour la France entière, ce qui est une chose insignifiante. Il me paraîtrait d'une sage pré- voyance de stipuler en outre que les actions souscrites par le public obtiendraient par préférence un intérêt de 5 pour 100 sur celles échues au département et à l'État, — ces dernières ne devant produire d'intérêt que lorsque le service des ac- tions de la première catégorie serait rempli. Or, comme il n'y a pas de banque dont le capital de garantie ne puisse donner et ne donne au moins 5 pour 100, ce que nous demandons à l'État est chose bien bénigne ; c'est surtout, je le répète, un concours moral.

Les prêts devant s'effectuer par simples billets, avec ou sans délégation de gage, suivant la solvabilité de l'emprun- teur, il nous reste une autre question à résoudre : Où pren- dra-t-on finalement le capital pour escompter ces valeurs ? On ne peut penser aux banques locales, puisqu'elles n'auront qu'un fonds de garantie. Par quel procédé arriverons-nous à procurer aux agriculteurs, à des conditions avantageuses, le capital qu'ils réclament en échange des valeurs émises dans ces conditions et sous la protection de la législation nouvelle que je viens d'indiquer ? Ce problème ne peut être résolu que si l'on exclut de la combinaison adoptée tout ce qui pour- rait ressembler au jeu. Il ne saurait être question ici, ni de spéculations, ni de gros intérêts, ni de chances aléatoires

(1) Voyez, dans l'enquête pour le département du Bas-Rhin, la dépo- sition de M. Schattenmann, directeur des mines de Bouxwiller.

pouvant compromettre le capital, mais de simples placements dont la sûreté doit être le premier mérite.

Il semble vraiment qu'une institution ait été tenue en réserve pour nous fournir à point nommé cette solution : je veux parler de la *Caisse des dépôts et consignations*. Tout le papier provenant des banques locales serait centralisé par cette caisse, qui serait chargée de leur fournir les moyens d'en opérer l'escompte, soit à l'aide de ses propres ressources, soit à la faveur d'obligations à un an ou quinze mois, portant intérêt à 4 pour 100, qu'elle serait autorisée à émettre, et qui ne pourraient manquer d'obtenir la faveur du public; soit enfin à l'aide de l'escompte par la Banque de France des billets qu'elle aurait reçus lorsque leur échéance n'aurait plus que trois mois à courir.

Fondée sous le premier empire, la Caisse des dépôts et consignations a conquis, par la solidité exceptionnelle de sa constitution, par la sagesse, la mesure, la prévoyance de sa gestion et par l'importance des ressources dont elle dispose, le premier rang parmi nos établissements financiers.

Des divers affluents qui l'alimentent, les dépôts des caisses d'épargne, les dépôts provenant des contestations litigieuses pendantes devant les tribunaux, ne représentent pas moins de 800 millions effectifs. Qu'on ajoute à ces ressources fondamentales un mouvement de dépôts volontaires, qui ne s'élève pas à moins de 60 à 80 millions, et l'on sera forcé de convenir qu'aucun établissement ne pourrait être mis en parallèle avec celui-là, pour fournir à la première industrie de la France le capital dont elle a besoin, qu'on lui a toujours promis, et qu'elle n'a pas encore pu obtenir.

Me direz-vous que la Caisse des dépôts et consignations n'a plus la disposition des fonds des caisses d'épargne? A mon tour je répondrai que c'est par une violation de la loi de 1837 que l'état de choses actuel existe depuis 1842, et qu'il y aurait avantage pour tout le monde à le faire cesser. Or, aujourd'hui, du seul fait des caisses d'épargne, l'État dispose de 610 millions. Donnez à ce capital, créé par l'économie, un emploi destiné à la féconder; faites que ce capital fournisse à l'agriculteur les moyens d'action qui lui manquent, et il recevra la destination la plus propre à accroître la fortune publique, sans qu'il y ait de désastres à redouter pour personne.

Voilà comment la question du crédit agricole se présente à ma pensée. Pas de jeu, pas de spéculation; une législation assurant au capital les garanties les plus sérieuses et en surveillant l'application.

Enfin, vient une dernière question : Le crédit est-il aussi indispensable à l'agriculture que je viens de le dire, que je le crois et que tant de bons esprits le pensent? Est-il bien certain que l'emprunt appliqué à l'accroissement du fonds de roulement paye son intérêt, et quelles sont parmi les diverses affectations qu'il peut recevoir celles qui présentent, dans la pratique, le plus d'avantages?

Sur ce point, pas d'hésitation; pour peu qu'on cultive avec économie et discernement, l'intérêt que produit le fonds de roulement est de 10 pour 100, à la condition toutefois que ce fonds s'élève à 3 ou 400 francs par hectare. Mais si le capital engagé n'est que de 200 francs, l'intérêt diminue, et, au lieu de 10 pour 100, il n'est plus que de 5 ou 6 pour 100, si tant est qu'il ne descende pas plus bas encore.

Supposons que, pour porter à 400 francs par hectare les avances faites à la culture, on soit obligé d'en emprunter 200 à 6 pour 100, le résultat se traduirait finalement ainsi :

400 francs à 10 pour 100, soit.	40 fr.
A déduire l'intérêt de 200 fr. à 6 pour 100, soit. .	12
Reste.	28 fr.

Tandis que lorsqu'on n'opérait qu'avec un capital primitif de 200 francs, on n'obtenait que 12 francs de revenu.

Il est donc certain que l'agriculture peut payer l'intérêt de ses emprunts, s'ils ont pour destination d'augmenter ses moyens d'action. Mais remarquez que, dans ce qui précède, nous avons supposé l'agriculteur procédant d'après les anciennes traditions à l'aide du bétail et du fumier. Or le résultat serait bien autrement avantageux si l'on avait eu recours à une importation permanente d'engrais.

Ici la question se résume en deux chiffres. Une terre ordinaire rend sur le pied de 12 hectolitres de froment par hectare; avec 120 francs d'engrais supplémentaire, on porte le rendement à 25 ou 30 hectolitres. Admettons-en seulement 25: c'est une plus-value de 13 hectolitres, valant 246 francs, non compris le prix de la paille. — Dans une culture où le nombre des animaux est porté à une tête de gros bétail par hectare, l'avance qu'il faut faire à la terre est au moins de 1000 francs. Or, dans de telles conditions, les rendements de betteraves ne s'élèvent pas à plus de 45 000 kilogrammes par hectare; ceux du froment à 30 hectolitres. Eh bien, dans une autre exploitation où l'avance ne serait que de 2 ou 300 francs par hectare, mais avec une importation annuelle d'engrais de 150 francs, on obtiendrait des rendements au moins égaux à ceux de la première, sans avoir à courir les mêmes aléa.

Il est donc certain que l'agriculture peut payer l'intérêt du capital qu'on lui confie et y trouver en fin de compte un bénéfice important.

Il est non moins certain que de tous les modes d'amélioration auxquels on peut avoir recours, aucun n'est comparable, par l'importance et la certitude des résultats qu'il donne, à ceux qui naissent d'une importation d'engrais. Le passé a pris son point de départ dans l'accroissement du bétail; nous devons prendre le nôtre dans un accroissement de fumure, et régler l'élève du bétail sur les résultats financiers qu'il procure et non sur la prétendue nécessité de produire plus de fumier.

Si nous nous demandons enfin ce qu'il serait permis d'attendre pour le bien du pays de l'application du crédit aux choses agricoles, un aperçu de notre situation va me permettre de vous le faire pressentir.

Jetez les yeux sur ces cartes, et prenons, comme premier exemple, celle où les départements sont classés d'après le rendement du froment. Il y a aujourd'hui 30 départements, et ce sont les plus favorisés, où le rendement moyen est, en nombre rond, de 19 hectolitres par hectare, 13 où il n'est que de 14 hectolitres, et 46 où il descend à 12 hectolitres. Demandez-vous ce que coûte au producteur ou plutôt ce qu'il faut estimer le prix de l'hectolitre de froment lorsque le rendement n'est que de 12 hectolitres. Les frais de culture sont au plus bas mot de 300 fr. par hectare, ce qui fait ressortir le prix de l'hectolitre à 25 fr. 29 c. Les chiffres que je cite là se rapportent à deux époques différentes, 1862 et 1865. Or, à ces deux époques, les mercuriales accusent des cours inférieurs au prix de revient.

Comment donc concilier ces deux termes contradictoires: une agriculture qui produit à perte et une agriculture qui, chaque année, accumule des épargnes. Rien de plus facile

and producteur en France, c'est la masse des petits
iétaires; mais le petit propriétaire consomme lui-même
grande partie de sa récolte. Lorsque l'économiste veut
ner les prix de revient à des termes généraux, il est forcé
ppuler en argent les efforts qui ont été dépensés pour
r cette production ; mais l'agriculteur qui a surtout dé-
sa peine ne compte pas de la même manière. Pour lui,
, élever sa famille et à la fin de l'année réaliser, à force
nomie et de privations, un petit pécule, c'est le résultat.
lui importe que son travail eût pu lui rapporter davan-
s'il avait reçu une autre destination. Par conséquent,
les indications que je vous présente, il ne faut voir
ne chose, c'est qu'il y a quarante-six départements ne
uisant que 12 hectolitres à l'hectare, alors qu'il serait fa-
l'en obtenir 20 ou 25.
un tel accroissement de production avait lieu, nous
rions exporter chaque année de 20 à 25 millions d'hec-
es, dont le placement nous serait assuré sur les marchés
gleterre, où ils affluent aujourd'hui de tous les points
nonde. La balance du commerce avec la Grande-Breta-
e solderait en notre faveur; le prix de toutes les denrées
onsommation, auquel celui du froment sert de régula-
en éprouverait un abaissement salutaire ; notre marine
hande trouverait dans le transport de ces grains le lest
ui manque — car tout se tient dans les questions écono-
es ; — enfin, vous créeriez en faveur de 23 millions d'in-
us une situation incomparablement meilleure ; vous
donneriez plus de bien-être, une instruction plus éten-
vous réaliseriez à la fois des améliorations matérielles
progrès dans l'ordre moral, supérieurs à tout ce qui a
éalisé dans le passé.
is ce n'est pas tout. Depuis vingt ans la population est
onnaire en France, ou du moins son accroissement est
èrement faible ; il y a 48 de nos départements où elle
sse une certaine augmentation, 3 où elle reste station-
e, et 32 où elle est décidément à l'état de déclin. Si vous
égard à la situation des pays qui nous environnent, ce
acquiert un degré singulier de gravité. La période de
lement de la population en France est de 131 ans; elle
que de 69 ans pour la Prusse, de 50 ans pour la Russie,
7 ans pour l'Angleterre, et de 25 ans pour les États-Unis
'Amérique (1). La première source de fortune pour un
, c'est sa population. Être entouré de peuples qui gran-
nt plus que nous ne grandissons nous-mêmes, c'est rester
gard de nos voisins dans une condition d'infériorité qu'il
nous préoccuper de faire cesser au plus tôt.
, c'est un point incontestable qu'il y a une corrélation
e la production d'un pays et l'accroissement de sa popu-
n : nouvelle raison pour poursuivre avec un surcroît
rgie la réalisation des progrès que réclame impérieuse-
l'état d'infériorité de quarante-six de nos départements,
-à-dire de plus de la moitié de la France.
fin, si, de ces considérations, empruntées à notre état
ieur, ma pensée se reporte sur la situation de l'Europe,
de sujets nouveaux de préoccupations s'imposent à nous.
eu ne plaise que je veuille faire ici une digression dans

Voyez, sur le mouvement de la population en France comparé à
des autres nations, et le mouvement particulier de certains dé-
nents, des lectures de MM. Broca, Jules Guérin, Bertillon, Bou-
lans notre tome IV, année 1867, pages 305, 321, 400, 494, 495,
533 et 540.

le domaine de la politique. Mais, enfin, qui peut rester indifférent en présence des armements formidables pesant sur tous les peuples de l'Europe ?

Quiconque a le sentiment de l'intérêt du pays et des devoirs qui incombent à son gouvernement comprendra que le moment serait mal choisi pour demander une réduction de notre armée. Quand on songe qu'une semaine a suffi pour changer la face de l'Allemagne, on se sent peu disposé à parler de désarmement. Les grandes armées sont une nécessité, regrettable peut-être, mais imposée à notre temps et qu'on ne pourrait méconnaître sans manquer de patriotisme et sans oublier la plus vulgaire prudence.

D'un autre côté, cependant, elles grèvent les budgets de charges auxquelles les ressources ordinaires ont cessé de faire face. En un mot, les dépenses augmentent suivant une progression plus rapide que les recettes. Où s'arrêtera cet état de choses? D'où proviendront les excédants de recettes propres à ramener l'équilibre dans nos budgets ? Ce ne peut être des développements de l'industrie, qui traverse en ce moment une crise redoutable, dont elle triomphera cependant, parce que cette crise est née de l'application trop étendue, et peut-être prématurée, d'une idée juste et libérale, et qu'il est de l'essence de la liberté de guérir les blessures dont elle a été la cause. Mais ce qu'on ne peut attendre de l'industrie, on peut le demander à l'agriculture. Tandis que l'industrie, sous l'empire des progrès les plus considérables, n'est parvenue à réaliser qu'un mouvement commercial de 5 milliards, celui de notre agriculture, malgré son état relatif d'infériorité, en représente un de 15 milliards (1). Admettez seulement une bonification de 10 à 20 pour 100, et voyez quelles perspectives de progrès, de bien-être, peut réaliser l'application de mesures sages, de procédés judicieux, vérifiés par la pratique, réclamés par l'opinion et auxquels une enquête récente vient de donner une consécration souveraine !

Messieurs, je viens de vous faire parcourir un domaine bien étendu. Je suis touché plus que je ne saurais le dire de l'ap-

(1) Décompte approximatif de la production agricole annuelle en France.

	SURFACES CULTIVÉES.	VALEURS PRODUITES.
Froment d'automne	7,372,819 hect.	2,883,201,911 fr.
Froment de printemps	84,112	33,945,313
Autres céréales	8,163,890	1,957,944,178
Pommes de terre	1,234,807	488,300,000
Châtaignes	536,701	44,400,000
Légumes frais	113,552	44,422,995
Légumes secs	370,978	103,273,161
Plantes potagères	229,942	400,308,270
Betteraves	229,942	84,178,187
Cultures oléagineuses	500,835	161,232,381
Plantes textiles	205,569	121,822,667
Mûrier. — Soie	54,019	29,440,777
Cultures industrielles	51,153	52,910,554
Fourrages	14,726,510	1,889,444,791
Vignes. — Vin	2,320,809	1,386,756,278
Bois communaux et de l'Etat	2,999,794	95,553,149
PRODUIT BRUT ANNUEL PAR LES ANIMAUX DE LA FERME :		
Chevaux, ânes et mulets		1,852,330,324
Bœufs		3,436,626,223
Moutons		320,894,006
Porcs		92,225,277
Chèvres		94,268,074
Ruches d'abeilles		24,403,044
Poules pondeuses		51,748,480
Total annuel		15,649,430,040

(*Statistique officielle de* 1862.)

pui et des encouragements que vous n'avez cessé de m'accorder pendant tout le cours de cette longue exposition. Au moment de nous séparer, je fais des vœux pour que les conclusions dont je vous ai rendus juges obtiennent une dernière manifestation de vos suffrages, afin que, fortifiées de tout le poids de votre libre adhésion, elles pénètrent plus sûrement jusqu'aux dernières profondeurs des classes agricoles. Le pays en retirera un surcroît de richesses et de force; sa population, un surcroît de bien-être et d'instruction. Or, pour une nation parvenue à sa pleine maturité, comme la France, ce sont là les deux conditions les plus propres à raffermir le présent et à assurer le triomphe de l'avenir dans les voies providentielles du progrès et de la civilisation.

GEORGES VILLE,
Professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
(de l'Institut).

XXXIII

Fécondité des métis et des hybrides chez les animaux.

Plus anciennement connus que les hybrides végétaux, les hybrides du règne animal ont attiré l'attention des pères de la science. Dans les temps plus modernes, ils ont été le sujet de discussions au milieu desquelles la religion ou la philosophie se mêlaient trop souvent à la science. Aujourd'hui encore il est certaines personnes devant qui on ne peut pour ainsi dire pas nier l'hybridité indéfinie sans être traité d'esprit étroit et rempli de préjugés. Vous allez juger par vous-mêmes de ce qu'il peut y avoir de vrai dans ce reproche.

Aristote, parlant des mulets d'Europe, dit que leur stérilité tient au tempérament des parents; mais il admet qu'il existe en Syrie d'autres mulets dont l'union féconde peut, dans certaines circonstances, donner naissance à des produits eux-mêmes féconds. En supposant qu'Aristote ait été bien informé, il est probable, d'après Is. Geoffroy, que ces prétendus mulets de Syrie étaient en réalité des hémippes.

Pline, au contraire, nie de la manière la plus absolue la fécondité des hybrides, et affirme positivement leur stérilité constante *in omni animalium genere*. C'est pour lui un fait d'observation. « Si quelque hybride a fait preuve de fécondité, dit-il, c'est par une rare exception, et le fait mérite d'être regardé comme un prodige (*prodigii loco habitum*). »

Vous voyez qu'en dehors de tout préjugé d'enfance, on peut bien adopter l'une ou l'autre des deux doctrines qui se sont dessinées de si bonne heure, à une époque où elles n'étaient pas l'objet des discussions passionnées auxquelles elles ont donné lieu depuis. On s'explique d'ailleurs la vivacité, pour ne pas dire plus, des débats qui se sont élevés sur cette question dans les temps modernes. Au moyen âge, les idées de Pline avait pris une couleur religieuse assurément fort imprévue.

(1) Voyez notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des 9 mai, 6, 13 juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12, 26 septembre, 3, 10, 17 octobre 1868; — et le présent volume, page 85, 9 janvier 1869.

Les hybrides étaient regardés alors comme des êtres maudits et comme les fruits d'adultères criminels. On prétendait qu'ils étaient réprouvés de Dieu comme tendant à troubler l'ordre de la création, et l'on expliquait ainsi leur infécondité. A quoi Sprenger, partisan de leur fertilité, répondait que les supposer stériles était se mettre en opposition avec la parole même de Dieu, qui a dit : « Croissez et multipliez. »

Vous voyez qu'au point de vue du dogme, les deux doctrines ont été soutenues. Mais ce n'est pas là notre terrain. Adressons-nous donc aux faits, qui sont les seules données valables dans toute science naturelle.

Buffon a successivement professé les deux opinions d'Aristote et de Pline. Il a d'abord cru à l'infécondité absolue des produits de l'hybridation; un hybride était pour lui « un animal mi-parti dont il ne pouvait rien résulter ». Il était arrivé à cette conclusion en s'appuyant sur certains faits et sur quelques expériences.

Plus tard d'autres faits l'ont conduit à l'opinion opposée, et il a traité lui-même de préjugé celle qu'il venait d'abandonner. Pallas a suivi la dernière manière de voir de Buffon, en se fondant sur les mêmes raisons que l'illustre naturaliste. Depuis lors le principe de Pline a été généralement abandonné dans ce qu'il a d'absolu. Cuvier et ses vrais disciples, malgré ce qu'ont dit certains de ses élèves, malgré ce qu'il a dit lui-même, ont admis la fécondité restreinte des hybrides. Cela résulte de ce fait même que, d'après Cuvier, des espèces différentes avaient concouru à la formation des types de pigeons domestiques, dont nous avons constaté la variété et prouvé cependant l'origine unique. Par le fait, Cuvier admettait ainsi la fécondité indéfinie des hybrides. Son frère, Fréd. Cuvier, la restreint au contraire et l'admet pour quatre ou cinq générations tout au plus, en s'appuyant sur des observations faites par lui à la ménagerie du Jardin des plantes.

Mais plusieurs disciples de Cuvier ont poussé cette doctrine à l'extrême. Ils ont, par suite, voulu que le maître ait nié toute fécondité des hybrides, lui faisant prendre ainsi sous son patronage une erreur avérée : car ici l'exagération implique nécessairement l'erreur.

D'autres auteurs ont professé l'opinion opposée et admis que les hybrides sont féconds. Arrêtés par les faits, ils ne peuvent affirmer la fécondité dans tous les cas; mais ils laissent du moins entendre qu'*elle peut* se manifester partout.

Aux naturalistes qui représentent ces idées il faut rattacher les adeptes de l'école américaine, les disciples de Morton, et en particulier le docteur Nott, qui a inséré dans les *Types of mankind* un long mémoire sur l'hybridité. Il ne s'y prononce pas, il est vrai, d'une manière absolue; mais, sans rien préciser, il s'efforce autant que possible d'exagérer les faits et d'étendre en même temps les limites de la fécondité entre hybrides.

Après ce rapide historique de la question, j'ai hâte d'arriver aux faits, d'après lesquels il ne vous sera pas difficile, j'espère, de vous prononcer dans le même sens que moi.

Entre espèces sauvages de mammifères, on ne cite pas un seul cas d'hybridation féconde. Parmi les oiseaux vivant en liberté, on connaît quelques hybrides, en particulier ceux de perdrix et de tétras, qui ont été signalés et décrits plusieurs fois comme espèces distinctes. Mais nulle part je n'ai vu qu'on les ait déclarés féconds.

Un seul cas de fécondité entre les hybrides de deux espèces de perdrix paraît avoir été observé. C'est M. Dureau de la Malle qui le rapporte. Une femelle de bartavelle fut lâchée

dans le Perche, où ne se trouvent que des perdrix grises. Elle ne trouva à s'accoupler qu'avec un mâle de cette espèce. Leur union fut, paraît-il, assez féconde pour qu'on ait découvert, peu de temps après dans le pays, quelques compagnies d'hybrides qui en provenaient. Il est à regretter que Dureau de la Malle n'ait pas donné des renseignements suffisants à cet égard. Bien que le fait qu'il rapporte vînt singulièrement à l'appui de ses idées, Is. Geoffroy ne le regarde pas comme justifié d'une manière complète.

Acceptons-le cependant comme parfaitement positif. Toujours est-il que personne ne sait ce que sont devenues ces compagnies d'hybrides de perdrix grise et de bartavelle; j'en conclus qu'elles n'existent certainement plus dans le pays, et vous verrez bientôt qu'il ne peut en être autrement.

Chez les espèces domestiques, la fécondité des hybrides est bien plus fréquente. Nous retrouvons là, de la part de la domestication, cette influence propice à la fécondité que nous avons déjà chez les végétaux attribuée à la culture. Cependant le nombre des cas qu'on peut citer dans ce sens est encore assez restreint. Les invertébrés ne nous offrent qu'un seul exemple; mais il est important à citer, car il nous montre une suite hybride qui s'est maintenue pendant plusieurs années, malgré une succession de plusieurs générations et dont l'observation a permis de constater des phénomènes absolument semblables à ceux qui accompagnent, nous l'avons vu, les générations successives de la plupart des hybrides végétaux féconds entre eux.

Le croisement du ver à soie de l'ailante (*Bombyx Cynthia*) avec le ver à soie du ricin (*B. Arrindia*) s'est effectué pour la première fois au Muséum, sous les yeux de M. Guérin-Méneville, qui a confié la suite de l'expérience à M. Vallée, notre employé à la Ménagerie des reptiles : il s'est développé une suite d'hybrides féconds entre eux.

Le premier fait de croisement avait été observé en 1859. Il avait produit, ainsi que je vous l'ai dit dans une de mes dernières séances (voy. tome V, page 755, 24 octobre 1868), des chenilles de premier sang qui, étant jeunes, ressemblaient d'une manière surprenante aux vers de l'ailante, au point qu'on aurait pu les citer comme un excellent exemple de ressemblance unilatérale. Mais au bout de quelque temps, l'apparition de certains caractères des vers du ricin ne tardèrent pas à accuser une ressemblance bilatérale, dans laquelle cependant le type de l'ailante prédominait encore. Les cocons présentaient une particularité analogue; ils ne rappelaient ceux du *Bombyx Arrindia* que par une légère trace de coloration. De leur côté, les papillons ressemblaient à ceux de l'espèce *Cynthia*.

Pour les générations suivantes, permettez-moi de vous citer les propres paroles de M. Guérin-Méneville : « Il n'en a pas été de même des métis » (lisez hybrides) « entre eux. Les produits de cette génération ont montré un mélange dans la couleur des cocons et des papillons, qui est allé en augmentant à mesure que les générations entre métis (hybrides) se succédèrent. Ainsi, chez ceux de la troisième génération, il s'est trouvé la variété la plus grande possible, et le phénomène le plus intéressant a été de voir des métis (hybrides) prendre entièrement le caractère, soit du type ailante, soit du type ricin.» On croirait entendre M. Naudin répéter ses observations sur les unions des hybrides végétaux entre eux.

J'ai vérifié moi-même, il y a deux ans, les faits rapportés par M. Guérin-Méneville. J'aurais de même voulu pouvoir vous parler de l'éducation de cette année. Mais j'ai appris que, les chenilles ayant été piquées par des ichneumons, c'est cet insecte parasite qui sortit des chrysalides au lieu et place des bombyx.

Je viens de rapprocher cette suite hybride, et les phénomènes qu'elle accuse, des expériences de M. Naudin en particulier sur les pétunias. Or, pour compléter l'analogie, M. Vallée me disait qu'il avait, dans sa dernière éducation, ramené à peu près tous ses vers au type du ricin. Ainsi, après avoir présenté des phénomènes bien accusés de variations désordonnées, ces hybrides ont reproduit à la fin, presque exclusivement, une des espèces primitives; et, chose curieuse, le type qui, au début, paraissait avoir eu si peu d'influence dans la transmission des caractères des parents, a fini par l'emporter.

Des invertébrés, qui ne nous offrent pas d'autre exemple d'hybridation, passons aux oiseaux domestiques. Je serai très-bref en ce qui les concerne, bien que les croisements entre espèces aient donné lieu assez souvent à des suites hybrides qui ont persisté pendant la durée de quelques générations. Les amateurs d'oiseaux qui se sont étudiés à produire de nouveaux types ont multiplié les tentatives et les expériences. Un assez grand nombre ont été couronnées de succès; je vous ai déjà cité le croisement du serin des îles Canaries avec les espèces indigènes.

Les observations et les essais extrêmement nombreux faits dans ce sens permettent de poser quelques conclusions générales :

1° Dans presque tous les cas, la fécondité est considérablement diminuée; le nombre des œufs clairs est presque toujours plus grand que celui des œufs fécondés: il vous suffit de vous rappeler que, sur 9 œufs produits d'un cygne blanc et d'un cygne noir, il y en a eu 8 absolument inféconds.

2° Bien que des suites hybrides puissent d'abord paraître s'établir, elles s'arrêtent toujours au bout de quelques générations.

3° Souvent les individus hybrides qui ont donné des preuves très-réelles de fécondité deviennent stériles avant l'âge. J'ai eu chez moi un hybride de chardonneret et de canari qui n'est pas resté fécond pendant plus de deux ans.

En résumé, le fait général, le fait capital auquel conduit l'étude du croisement chez les oiseaux, c'est que l'on ne connaît pas dans leur classe une seule race hybride.

Les mammifères nous arrêteront plus longtemps. Ils ont en effet été l'objet d'observations importantes et nous fourniront un certain nombre de faits à examiner en détail. Ainsi que je vous l'ai dit souvent, leur étude nous préparera mieux que toute autre à l'examen des faits correspondants chez l'homme, en nous mettant sur la voie de rapprochements plus que jamais immédiats, et que nous pourrons poursuivre jusque dans les phénomènes secondaires.

Nous rencontrons d'abord un fait particulier, mais qui n'en est pas moins très-remarquable. Les deux seules espèces animales dont l'hybridation soit régulière à peu près partout et toujours, l'espèce cheval et l'espèce âne, donnent un hybride, le mulet, qui, partout et toujours, s'est montré d'une infécondité on peut presque dire absolue. Les anciens avaient constaté de bonne heure cette stérilité du mulet, et plusieurs auteurs l'ont regardée comme complète. Il y a cependant quelque exagération dans cette affirmation, et, pour le comprendre, il est nécessaire de faire une distinction.

Le mulet est très-ardent; il y a même des pays où on le

hongre. Cependant son union avec la mule est toujours stérile : on n'a pas cité un seul exemple du contraire. Son croisement avec la jument est également improductif; du moins le seul exemple de fécondité qu'on cite remonte à Aristote; depuis lors le cas ne s'est jamais reproduit. Au contraire, l'union de la mule avec le cheval ou avec l'âne est quelquefois féconde, bien que le fait soit encore très-rare, puisqu'il n'a pas été constaté plus de dix à douze fois depuis l'époque la plus ancienne à laquelle nous puissions remonter. Hérodote, 2300 ans avant notre ère, rapporte qu'un croisement de cette nature eut lieu de son temps en Grèce et fut regardé comme un événement prodigieux. La phrase que je vous ai citée de Pline prouve bien qu'en Italie, on n'était pas plus habitué à de semblables phénomènes. Vous voyez par là combien est peu fondée cette assertion, récemment encore imprimée et si souvent répétée, que la fécondité du mulet est un fait assez fréquent dans les pays chauds.

Voici une observation qui prouve bien qu'en Algérie, les indigènes ne sont pas mieux préparés à l'idée de la conception d'une mule que ne l'étaient, d'après Hérodote et Pline, les Grecs et les Romains. Le fait que je vais rapporter fut l'objet d'une note que M. Gratiolet communiqua à l'Académie des sciences en 1858. Près de Biskra, une mule devint pleine, mais avorta et périt. Son fœtus, recueilli par M. Schmitt, pharmacien militaire, fut apporté à M. Gratiolet par M. Paul Bert. Au milieu d'une population qui se passionne pour tout ce qui touche au cheval, comme le font les Arabes, le fait ne pouvait point passer inaperçu. Or, voici, d'après M. Gratiolet, quelle fut l'impression produite; je cite textuellement : « Le phénomène de la conception chez les mules est, en Europe, extrêmement rare, et ne l'est pas moins en Afrique, si l'on en juge par l'épouvante où le fait dont nous parlons jeta les Arabes. Ils crurent à la fin du monde, et, pour conjurer la colère céleste, se livrèrent à de longs jeûnes. Aujourd'hui encore ils ne parlent de cet événement qu'avec une terreur religieuse. »

L'épouvante profonde de tout un peuple à la vue d'un tel prodige affirme suffisamment le caractère exceptionnel qu'on a voulu lui refuser, et proteste contre ces assertions qu'on répétera cependant encore : « la fécondité du mulet est démontrée », ou bien; « le mulet est habituellement fécond dans les pays chauds ».

Encore une fois, voici les conclusions auxquelles nous sommes conduits dans la question qui nous occupe :

1° Infécondité absolue des mulets et des mules entre eux.

2° Infécondité probablement absolue du mulet uni, soit à la jument, soit à l'ânesse.

3° Fécondité excessivement rare et qu'une douzaine de cas enregistrés depuis les temps les plus reculés permettent seuls d'affirmer, de la mule croisée avec l'âne ou avec le cheval.

La physiologie explique parfaitement les faits qui précèdent. Gleichen, Prévost et Dumas, Bechstein et Wagner, ont examiné le liquide fécondant du mulet, et y ont observé des altérations analogues à celles que Kœlreuter signalait dans le pollen des fleurs hybrides. Ce liquide ne contenait que des spermatozoïdes imparfaits ou même réduits à l'état de simples granulations. D'un autre côté, Brugnone et Gerber, en disséquant les ovaires de la mule, y ont trouvé des corps jaunes qui attestaient l'existence d'œufs plus ou moins bien conformés.

A peine est-il nécessaire de faire remarquer combien ces faits concordent avec les observations de Kœlreuter, de Gærtner et de M. Naudin. Dans l'hybride mulet comme dans les hybrides des végétaux, c'est l'élément mâle qui est le plus sérieusement atteint par l'hybridation même.

Ce n'est pas tout, et l'analogie des phénomènes qu'on observe dans les deux règnes se poursuit encore plus loin. On sait, en effet, que, chez le mulet, une plus grande vigueur musculaire et une résistance plus longue à la fatigue coïncident avec la destruction des fonctions génératrices. Comme chez certaines plantes hybrides inféconds, mais à un degré plus marqué, il y a eu, pour le mulet, rupture de l'équilibre vital en faveur des organes et des fonctions de la vie individuelle, mais au détriment des fonctions de reproduction, qui sont les fonctions de la vie de l'espèce.

Si j'ai insisté un peu longuement sur l'histoire du mulet, c'est qu'il n'y a point, parmi les mammifères, d'autre hybride qui soit mieux connu. Mais, bien qu'on le prenne généralement pour exemple ordinaire du croisement entre espèces animales domestiques, on ne peut conclure de lui à tous les autres produits de même ordre. Chez ceux-ci, en effet, les phénomènes ne sont point partout les mêmes, ni l'infécondité toujours absolue.

Dans le même genre qui comprend l'âne et le cheval, il est un autre cas d'hybridation où la fécondité s'est un peu mieux conservée chez le mâle. Le Muséum possédait, il n'y a pas encore longtemps, un *hémione âne*, fils d'une ânesse et d'un *hémione*; il était connu sous le nom de *Polka*. Or, ce mâle a pu féconder des ânesses et des hémionesses; cependant la certitude du résultat était sensiblement moins grande que lorsqu'on le remplaçait par l'âne ou par l'hémione pur. Le yak-zébu ou dzo est également fécond: une femelle qui avait fait partie du troupeau importé par M. de Montigny a donné en cinq ans cinq produits de son union avec les yaks ordinaires.

Mais je dois vous faire ici une observation importante. Nous ne savons pas quel est le degré de l'hybridité entre le dzo et le yak. Le dzo que nous avions au Muséum ressemblait assez au yak pur pour qu'il fût, au premier abord, assez difficile de l'en distinguer. Or, nous avons vu que la fécondité se rétablit rapidement chez les quarterons, et d'autant plus, que le sang de l'une des espèces qui ont concouru à la formation de l'hybride est en proportion plus considérable chez lui. Si donc le dzo a été rapproché de l'espèce yak par des croisements successifs, le degré de sa fécondité ne peut être pris pour règle de celle d'un hybride demi-sang. Je dois ajouter que, au dire des voyageurs, le yak et le zébu se croisent en tous sens. Mais, en acceptant même pour vrais des faits au sujet desquels nous manquons de données expérimentales et de détails précis, il faudrait avant tout s'assurer que le yak et le zébu forment bien deux espèces distinctes.

Les bœufs, nous l'avons dit en parlant des races domestiques (voy. tome V, page 562, 1[er] août 1868), étaient connus en Orient dès l'antiquité la plus reculée. Il est évident que des races très-différentes ont eu le temps de se former, et il ne serait pas étonnant qu'on eût perdu, pour un certain nombre d'entre elles, les traces de leur filiation. Supposez que, ne connaissant pas leur unité spécifique, nous soyons mis en présence d'un carlin au crâne raccourci, au museau tronqué, au corps ramassé, ayant quatre doigts aux pattes de derrière, et qu'à côté de ce carlin on place un de ces grands levriers au museau long, au corps élancé, ayant cinq orteils au lieu de quatre aux pattes de derrière. Certainement l'idée nous viendrait, je ne dis pas seulement de deux espèces distinctes,

mais de deux genres; et nous appellerions, non point simple hybridation, mais hybridation bigénère ce qui ne serait en réalité qu'un simple métissage. On ne peut donc, sans plus ample informé au sujet de la distance taxinomique qui existe réellement entre le yak et le zébu, admettre leur croisement comme un exemple d'hybridation féconde jusque dans ses produits. J'en dis autant de l'union du yak avec le bœuf ordinaire, telle qu'elle a été observée par plusieurs des éleveurs à qui le Jardin des plantes et la Société d'acclimatation ont envoyé les descendants des premiers yaks importés en France.

Il est donc important de savoir, un hybride étant donné, quel est son degré de pureté d'hybridation par rapport aux deux souches spécifiques dont il dérive. Cette observation, qui doit peut-être s'appliquer au dzo, est certainement plus nécessaire que jamais lorsqu'on parcourt les exemples d'hybrides féconds enregistrés par Morton ou par Nott dans les *Types of mankind*. Dans presque tous les cas énumérés par les représentants de l'école américaine, les hybrides demi-sang ont reçu de nouvelles infusions de l'une des espèces pures qui ont contribué à les former.

Le résultat de croisements de cette sorte est de ramener la fécondité. C'est ce que nous avons dit à propos des hybrides végétaux, qui sont fertiles presque à coup sûr, à condition d'être fécondés par le pollen emprunté à l'une des deux souches. Le plus souvent, d'ailleurs, le nombre des générations est peu considérable dans les exemples de Morton et de Nott. Les chiffres qu'ils donnent justifieraient presque toujours les limites posées par Fr. Cuvier. Ils ne dépassent pas non plus ceux qui, dans la classe des oiseaux, expriment la durée la plus considérable qu'on ait observée pour une suite hybride.

Voici du reste un exemple qui vous édifiera sur la nature des faits que le docteur Nott cite à l'appui de sa doctrine. Il rapporte dans son ouvrage une expérience du savant suédois Hellenius qui, dit-il, avait croisé la chevrette de Sardaigne avec le bélier de Finlande. D'abord Is. Geoffroy pense avec raison que cette chevrette devait être une mouflone, attendu que l'espèce chevreuil n'existe pas en Sardaigne. Quoi qu'il en soit, les produits de cette union furent constamment croisés avec le bélier; une seule fois ils furent mariés entre eux. Au bout de trois générations, le type paternel reparaissait dans toute sa pureté. Ajoutons qu'à chaque génération la fécondité diminua; de quatre qu'elle était à la première, elle se réduisit à trois pour la deuxième, et à un pour la troisième. Aucune de ces particularités ne doit vous surprendre; l'étude des hybrides végétaux vous y a suffisamment préparés: vous n'y verrez que la confirmation dans le règne animal des expériences de Gærtner, qui n'a pas obtenu une seule race hybride. Voilà pourtant ce qu'on donne comme un exemple de fécondité continue et comme une preuve de la possibilité d'une race hybride dérivée du chevreuil et du mouton, sur laquelle nous n'avons pas eu d'autres détails.

On a parlé aussi de l'alpa-vigogne comme d'un hybride de premier sang indéfiniment fécond. Mais M. Weddell a donné des renseignements très-exacts qui réduisent cet exemple à la valeur du précédent. L'abbé Cabrera, au Pérou, a tenté bien des fois l'union de ces animaux entre eux; il n'a réussi qu'en unissant l'hybride demi-sang avec l'une des deux espèces composantes; il a obtenu ainsi un troupeau de vingt-quatre bêtes.

Il est encore un fait qui a été récemment invoqué à l'appui des doctrines que nous combattons. Voici ce que dit, à propos du croisement du bison d'Amérique et du bœuf européen, le naturaliste Rafinesque, dont l'autorité malheureusement n'est pas sans laisser quelquefois à désirer : « Les métis s'unissent entre eux ou avec leurs pères et leurs mères, produisent de nouvelles races, et fournissent du bon lait comme la vache. » Cependant, Morton lui-même, bien qu'un tel fait fût de nature à recevoir de lui un accueil favorable, dit que les métis de premier sang sont inféconds entre eux (*unprolific inter se*), et qu'il faut, pour avoir des produits de deuxième génération, les croiser avec une des deux espèces primitives. Ces quarterons seraient, suivant Morton, élevés en très-grand nombre dans une partie de l'Amérique et se croiseraient facilement entre eux. J'ai cherché de tous côtés des renseignements sur une industrie aussi répandue, et voici l'affirmation que j'ai recueillie d'un homme dont les paroles devaient avoir pour moi toute autorité.

M. Flanagan, grand éleveur du Kentucky, avait fait le voyage d'Europe pour y acheter des ânes, car c'est à l'industrie mulassière qu'il se livrait en Amérique. Je le questionnai sur le fait rapporté par Morton, et j'appris de lui qu'il n'existait nulle part d'hybrides de bison et de bœuf qui formassent des troupeaux.

Un pareil commentaire de l'exemple de Morton est déjà bien fait pour donner à réfléchir. Voici maintenant une preuve du danger qu'il y a souvent à accepter les dires des voyageurs qui, tout en étant d'ailleurs de très-bonne foi, ont pu mal voir ou être induits en erreur. Quelques voyageurs avaient parlé du croisement du chameau et du dromadaire, ajoutant qu'il en était résulté une race intermédiaire. Comme le mulet par rapport à l'âne et au cheval, ces hybrides seraient plus robustes que leurs parents, et on les rechercherait précisément pour cette qualité. Buffon admit ce fait et en conclut que le dromadaire et le chameau devaient appartenir à la même espèce. Un voyageur plus moderne, Eversman, cite la Boukharie comme le théâtre habituel de ces croisements, et prétend que le dromadaire s'y croise également avec une troisième espèce du même genre, le *tuck*. Is. Geoffroy n'acceptait cependant ces faits que sous toutes réserves, et moi-même j'avais conçu des doutes sur l'exactitude des renseignements fournis à l'appui.

Ces doutes étaient en grande partie fondés sur une comparaison que je ne pouvais m'empêcher de faire avec le mulet. Il était bien étonnant, me disais-je, qu'un plus grand nombre de voyageurs n'eussent pas signalé un hybride aussi commun et aussi utile dans certains pays, s'il fallait en croire certains rapports. Il est impossible en effet de voyager en Espagne ou dans l'Amérique du Sud sans entendre parler du mulet comme d'un animal très-employé et fort apprécié dans le pays. S'il existait un produit du chameau et du dromadaire, produit précieux, comme on l'assurait, aux mêmes titres que le mulet, il était bien étrange que son existence eût encore besoin d'être confirmée. On ne le connaissait pas d'ailleurs en Égypte, ni en Algérie, où existent pourtant de nombreuses races de chameaux et de dromadaires. Tout cela conduisait à soupçonner quelque erreur dans ces rapports.

Je crus donc devoir faire part de mes doutes à mes auditeurs. J'avais alors l'honneur de compter dans leur nombre M. de Khanikof, chef de l'expédition scientifique envoyée par la Russie dans le midi de l'Asie centrale. A la séance suivante, je reçus une note du savant voyageur, qui vint confirmer tous mes soupçons. En voici un passage : « J'ai voy

pendant vingt ans dans la partie N. O. de l'Asie où le chameau est élevé; en 1839, j'ai fait partie d'une expédition militaire dont les bagages étaient transportés par plus de douze mille chameaux; dernièrement j'ai visité toute la partie occidentale de la zone où le chameau et le dromadaire vivent ensemble, mais je n'ai jamais entendu parler d'un croisement intentionnel et prémédité entre eux. » M. de Khanikof ajoute, en s'adressant à moi, qu'il n'avait jamais été témoin d'un seul cas de croisement accidentel, bien qu'on ne prenne aucune précaution pour prévenir un pareil fait.

La rareté de ces croisements, en supposant qu'il s'en soit produit, sera facilement comprise par quiconque aura lu le récit que Buffon nous a laissé des froides amours du chameau.

Il faut donc rayer de la liste des hybridations fécondes le croisement du dromadaire et du chameau. Si Eversman a dit vrai, c'est évidemment à un cas de métissage entre races de l'une ou l'autre des deux espèces qu'il faut rapporter ses renseignements. Nous avons déjà remarqué que dans certains cas on a pris une race pour une espèce: c'est ce qui est arrivé pour le méhari, qui se croise avec le dromadaire, dont il ne diffère en réalité que par des caractères de race; le luck est évidemment dans le même cas.

J'arrive aux fameuses expériences de Buffon sur le croisement du chien et du loup. On les a citées comme une preuve de la fécondité continue de certains hybrides; vous allez voir ce qu'il y a de vrai dans cette assertion. Ces expériences sont au nombre de deux. La première, qui fut personnelle à Buffon, échoua complétement. Il prit une jeune louve et un jeune chien, qu'il éleva ensemble dans une solitude complète, comptant beaucoup sur leur isolement, qui fut peut-être trop absolu. Ils ne voyaient que le gardien. Jusqu'à l'époque de la puberté les deux bêtes firent ensemble excellent ménage; mais, à ce moment, au lieu du rapprochement qu'on attendait, il se déclara une antipathie des plus vives, et la louve ne tarda pas à succomber à la suite de combats journaliers.

On a dit que ces animaux devaient précisément à leur isolement et à leur séquestration de n'avoir pas acquis cette familiarité naturelle l'un pour l'autre qui est la conséquence d'une domestication en quelque sorte libre. De là cette animosité qui a reparu au moment où les passions se sont développées chez ces deux animaux. Cela est possible, d'autant plus que le chien, devenu lui-même sauvage, dut être abattu. Cependant le tigre et le lion, assurément bien peu suspects d'avoir jamais été domestiqués, ont donné en captivité des hybrides qui, du reste, n'ont jamais été féconds.

La deuxième expérience que je vous ai annoncée fut commencée par le marquis de Spontin-Beaufort et continuée par Buffon. On allaita artificiellement une petite louve de trois jours. Elle resta douce et familière jusqu'à l'âge d'un an, mais manifesta dès ce moment les instincts féroces de son espèce. On dut l'enfermer. En 1773, elle s'unit à un braque qu'elle avait pris en affection. Le croisement produisit trois mâles et une femelle. Ces hybrides s'allièrent entre eux, et Buffon en observa trois générations. A la dernière, la femelle s'était unie à son père; elle eut quatre petits et en dévora deux; on ignore ce que devinrent les deux survivants, qui formaient la paire. Buffon était alors octogénaire; il est probable qu'il négligea de poursuivre l'expérience à partir de ce moment.

L'histoire de ces hybrides a donné lieu à des controverses exagérées, en sens contraires, sous l'empire d'idées aussi absolues les unes que les autres. Certains naturalistes ont oublié le fait observé par Buffon, ou ne lui ont attribué aucune valeur, tandis que d'autres en ont singulièrement étendu la signification. Les premiers n'en ont pas moins continué à nier l'existence d'hybrides féconds entre eux; les seconds ont déclaré que la fécondité indéfinie des hybrides était désormais hors de doute. Nous nous bornerons à dire qu'il y a là une expérience intéressante, démontrant bien la fécondité *inter se* de certains hybrides, mais qui est en même temps fort incomplète, puisqu'elle s'est arrêtée à la quatrième génération. En effet, les oiseaux présentent des suites parfois plus longues résultant du croisement de deux espèces, et pourtant on ne connait pas dans leur classe une seule race hybride méritant ce nom.

Dans d'autres circonstances, les hybrides de loup et de chien ont été croisés avec le chien, de manière à donner naissance à des quarterons. C'est, dit-on, une pratique usitée chez les Esquimaux, qui y gagnent de pouvoir atteler à leurs traineaux des animaux plus vigoureux que les chiens proprement dits. Les récits des voyageurs bien qu'ils soient incomplets, permettent cependant de constater une fois de plus, au sujet de ces animaux, la prédominance marquée des fonctions relatives à l'individu chez les produits du croisement de deux espèces. D'ailleurs personne n'a cité de suite véritablement régulière et continue de ces quarterons de chien et de loup.

Ainsi, dans les exemples précédents, et ce sont les plus saillants que je vous ai cités, ou bien les faits ont été singulièrement appréciés, — vous l'avez vu par la manière dont Nott détourne, à l'appui de ses opinions, l'observation d'Hellénius de sa véritable signification, — ou bien ils sont manifestement apocryphes, comme nous l'avons vu à propos du prétendu croisement du chameau et du dromadaire. D'autres fois, les chiens-loups de Buffon en sont une preuve, l'expérience est trop incomplète pour qu'elle puisse être invoquée par aucune des opinions émises sur la fécondité des hybrides.

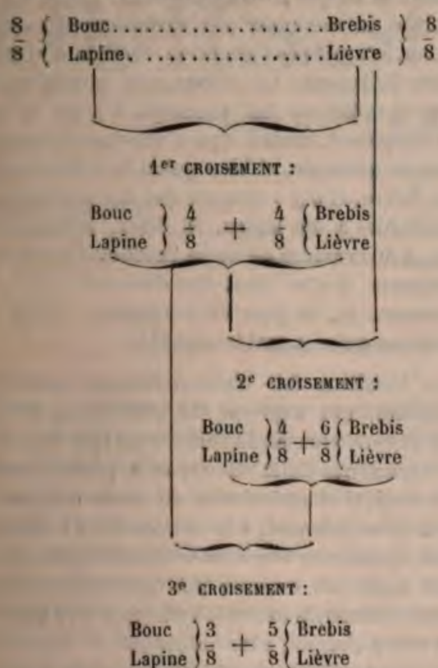
Mais il y a quatre espèces de mammifères qui donnent lieu à deux séries hybrides sur lesquelles l'expérience a été poussée jusqu'au bout. Les observations auxquelles elles ont donné lieu éclairent mieux que toutes les autres la question qui nous occupe. Les espèces chèvre et brebis se croisent assez aisément, et donnent naissance à des hybrides nommés *chabins* ou *ovicapres*. Vous vous rappelez que les anciens les désignaient sous deux noms différents, suivant que le père était pris dans l'une ou l'autre des deux espèces.

M. Broca, d'après les notes de M. Gay, cite ces hybrides comme jouissant d'une fécondité indéfinie. Leur production est du moins l'objet d'une véritable industrie dans l'Amérique méridionale; on y emploie leur fourrure, appelée *pellon*, pour couvrir les selles de bois ou *chabraques*. Les deux modes de croisement connus des anciens sont également suivis. D'après Castelnau, c'est l'union de la chèvre et du bélier qui est pratiquée au Pérou. M. Broca nous apprend, au contraire, qu'au Chili on marie toujours le bouc et la brebis. Quoi qu'il en soit, la marche qu'on suit pour arriver aux hybrides doués de la toison qu'on recherche est toujours assez compliqué, puisqu'il faut obtenir en définitive des produits ayant trois huitièmes du sang de l'une des espèces et cinq huitièmes du sang de l'autre.

Le tableau des opérations successives qui y conduisent, s'ap-

plique également au second exemple que nous aurons à examiner tout à l'heure.

Tableaux généalogique des chabins ou ovicapres du Chili, et des léporides ou lièvres-lapins, de M. Roux.



Voici l'explication de ce mode bizarre d'opérer :

Quand on croise le bouc et la la brebis, l'hybride reproduit les formes de la mère et le pelage du père ; il est donc peu estimé, et on ne l'élève que dans le but d'avoir de lui d'autres hybrides qui se rapprochent de la souche maternelle par leur toison. On dit que ces produits de demi-sang sont féconds entre eux ; mais les détails nous manquent sur ce point. Quoi qu'il en soit, on ne les unit jamais qu'à la brebis, et l'on obtient de nouveaux produits dont la toison, belle au début, s'altère au bout de trois ou quatre générations, et reproduit alors celle du bouc. Ces hybrides quarterons sont en effet féconds entre eux, mais nous ne savons pas s'ils le sont indéfiniment. Enfin, pour arriver à l'hybride définitif, on croise la femelle de deuxième sang avec le mâle de première génération ; on obtient ainsi des produits qui s'unissent facilement entre eux, et qui se conservent pendant un certain nombre de générations. Mais, au bout d'un temps indéterminé, un mouvement de retour s'opère vers la souche paternelle, et la toison commune a perdu les caractères qui la font rechercher. On est alors obligé de reprendre une nouvelle série de croisements.

Là s'arrêtent les renseignements que donne M. Broca. J'ai voulu aller plus loin, et je me suis demandé si la suite des derniers hybrides obtenus était réellement fixée par la prédominance du sang de l'espèce ovine. J'ai interrogé sur ce point mon savant confrère M. Gay. Il m'a positivement affirmé qu'au bout de quelques générations, il fallait tout recommencer, parce que les produits retournaient aux espèces pures, « comme chez les végétaux », m'a dit le savant botaniste. Je n'ajouterai rien à une assertion aussi significative.

Je passe aux deux autres espèces dont le croisement a donné lieu à une nouvelle série d'observations également instructives.

L'hybridation du lièvre et du lapin a été essayée bien des fois. Buffon a constamment échoué. Ou bien les animaux qu'il cherchait à rapprocher se livraient à une guerre implacable ordinairement terminée par la mort du lièvre, ou bien leurs caresses étaient trop violentes pour aboutir. Cependant Buffon croit avoir constaté l'accouplement, mais il n'a jamais eu d'exemple de fécondité.

M. de Khanikoff qui, en Perse, s'est occupé d'une manière spéciale de la même expérience, n'a jamais non plus réussi.

Voici cependant trois cas dans lesquels l'union a certainement été féconde et a même donné des hybrides féconds entre eux.

Au dernier siècle, en 1773, un maçon du bourg de Maro, entre Nice et Gênes, trouve une très-jeune hase. Il la porte à l'abbé Dominique Gagliori, qui l'élève avec un jeune lapin. Les deux animaux grandissent et se familiarisent. En 1774, la hase devient pleine et donne deux petits, l'un gris comme le père, l'autre roussâtre comme la mère ; la ressemblance jusque-là était donc plutôt unilatérale. Quatre mois après, la même hase donnait une nouvelle portée de quatre petits ; tous avaient le fumet et la chair du lièvre. L'abbé Gagliori réserva pour sa table ce gibier qu'il trouvait délicat. Sur ces entrefaites le lapin mourut ; la hase s'unit alors avec ses fils, qui étaient nombreux, et produisit des quarterons qui furent tous féconds entre eux. L'abbé Carlo Amoretti, ayant entendu parler du fait, visita en 1780 le clapier de l'abbé Dominique et publia ses observations. Malheureusement il ne nous a pas transmis tous les détails désirables. Il a remarqué cependant que cette race quarteronne présentait de grandes variations de couleur ; ces léporides étaient blancs ou noirs, ou tachetés. Il y a plus : à côté de ce désordre de coloration, les instincts des deux espèces paraissaient s'être partagés. Les femelles blanches creusaient des terriers pour mettre bas à l'exemple des lapins ; les autres se contentaient, comme les hases, d'une sorte de nid à la surface du sol. Vous retrouvez, dans ces observations, sur la couleur et sur les instincts, le même phénomène de variations désordonnées dont les hybrides végétaux et ceux des bombyx du ricin et de l'ailante nous ont donné les premiers exemples. Je dois ajouter que le retour au lièvre était fréquent parmi ces animaux. Cela n'est pas étonnant, si l'on songe aux nombreux recroisements de la mère et de la prédominance du sang lièvre qui en résulte chez les produits. On ne sait pas ce que cette famille hybride est devenue.

Les expériences de M. Roux, président de la Société d'agriculture d'Angoulême, sont plus complètes. Elles ont commencé en 1850, et ont donné lieu à une industrie qui a duré pendant quelque temps ; car les léporides de M. Roux se vendaient sur le marché plus cher que les lapins. M. Broca, informé de leur existence, s'est rendu à Angoulême pour vérifier le fait, et il a placé dans son ouvrage sur l'*Hybridité* les renseignements qui lui avaient été donnés.

Voici comment M. Roux opérait ses croisements. Il prenait des lièvres et des lapines très-jeunes, condition essentielle pour la réussite ; il les élevait ensemble ; puis, le moment de la puberté venu, il séparait les mâles en leur donnant une ou plusieurs de leurs compagnes. Mais des précautions rigoureuses étaient nécessaires. Il fallait tenir les femelles isolées dans une cage à part. Lorsqu'on les voyait disposées à l'accouplement, on introduisait à la nuit tombante le mâle séquestré jusque-là de son côté. On le laissait jusqu'au matin.

Il se montrait d'abord timide et jouait avec la femelle avant de s'unir à elle, se comportant ainsi tout autrement qu'avec la hase, qu'il assaille au contraire audacieusement.

Les hybrides de premier sang étaient presque semblables au lapin et féconds entre eux, mais sans que l'on ait déterminé dans quelles limites ils le restaient. Réunis aux lapins ils donnent des produits quarterons qui attestent un retour immédiat à la souche maternelle.

D'ailleurs M. Roux employait pour obtenir ses léporides un procédé entièrement semblable à celui qui est mis en œuvre dans l'Amérique du Sud, pour la production des chabins ou ovicapres. Il croisait les hybrides de premier sang avec le lièvre; les produits quarterons tenaient le milieu entre les deux espèces et étaient féconds entre eux, mais leurs portées n'étaient que de deux à cinq petits. Enfin, les hybrides de premier et de deuxième sang donnaient par leur union les léporides, auxquels M. Roux s'arrêtait. Ceux-là ressemblaient beaucoup aux produits de deuxième sang, mais leur fécondité était plus grande; les femelles donnaient de cinq à huit petits par portée, et cette production, inférieure encore à celle de la lapine, qui met bas ordinairement de huit à douze petits chaque fois, était supérieure à celle du lièvre.

Cette diminution de la fécondité lors même que l'hybridation réussit, est un fait remarquable sur lequel j'appelle une fois de plus votre attention. Vous remarquerez aussi que pour les fonctions de reproduction, c'est le sang du lapin, bien qu'il soit en quantité inférieure, dont l'action prédomine. D'un autre côté, quoiqu'une fécondité très-grande soit un des caractères les plus accusés du lapin, on ne l'en voit pas moins diminuer par le seul fait de l'hybridation. On n'a pas de chiffres précis qui permettent de lui comparer celle des hybrides de première génération : chez ceux de deuxième, la fertilité est inférieure de plus de moitié; chez ceux de troisième, elle se rapproche un peu plus de la fertilité du lapin. Ces variations sont d'autant plus remarquables, que le nombre des portées est à peu près le même, c'est-à-dire de six par an dans tous les cas. Ici encore, comme nous l'avons vu à propos du mule', ce n'est pas l'ardeur qui manque, c'est quelque chose de plus profond et de plus intime.

Tels furent les renseignements recueillis par M. Broca. Mais l'histoire des léporides d'Angoulême ne s'arrête pas là. L'attention une fois éveillée, il s'est établi une sorte d'enquête dont les résultats, très-diversement appréciés, sont en même temps fort instructifs. M. Roux avait dit à M. Broca que cette hybridation était très-aisée. M. Broca se procura jusqu'à dix-sept très-jeunes lièvres pris dans les réserves de l'État; puis avec le talent d'expérimentateur qu'on lui connaît, essaya de reproduire l'expérience qui réussissait si bien à Angoulême. Cependant il a constamment échoué.

M. Roux avait dit encore qu'il ne s'était manifesté chez ses sujets aucun phénomène de retour. Mais quelque temps après, Is. Geoffroy déclarait en pleine Société d'acclimatation que ces léporides ne tardaient pas à reproduire les types primitifs. L'un d'entre eux, présenté aux membres de la Société d'agriculture et mangé par eux, sembla ne différer en rien du lapin.

Ces faits contradictoires firent du bruit, et la question des léporides fut souvent mise à l'ordre du jour dans la Société d'acclimatation. On écrivit à M. Roux en lui demandant des renseignements et des explications; on voulait également acheter quelques-uns de ses élèves : il ne répondit jamais. A la suite de ce silence, sa bonne foi même fut mise en doute. M. Roux, averti que son honneur était engagé dans la question, ne répondit pas davantage.

Je n'ai jamais, pour ma part, douté de l'honorabilité du président de la Société d'agriculture d'Angoulême, et je m'explique aisément ce qui a dû se passer. M. Roux, qui n'est pas un naturaliste, et qui n'est pas parfaitement au courant de l'hybridation, n'avait pas l'attention éveillée d'avance sur les phénomènes de retour. Le retour aux caractères du lapin, une fois qu'il a été un fait accompli, n'a pu échapper aux yeux de l'éducateur; mais il a pu s'effectuer brusquement et d'une manière générale, si bien qu'au lieu d'hybrides tenant encore du lièvre, il n'y a plus eu que des animaux parfaitement semblables à des lapins. M. Roux, interpellé sur ces entrefaites, a dû craindre qu'on ne l'accusât d'avoir voulu mystifier les savants; il s'est peut-être demandé s'il n'était pas dupe lui-même, et, de peur de confusion, il s'est renfermé dans un silence qu'on a mal interprété.

Voici un troisième fait d'union féconde entre les deux mêmes espèces, qui explique le précédent, et qui a été suivi d'un retour plus rapide encore au type lapin. M. Gayot a repris l'expérience de M. Roux, et a parfaitement réussi. Prenant la Société d'agriculture de Paris comme juge des résultats, il lui a présenté, à la séance du 11 mars dernier, un léporide quarteron issu d'une femelle demi-sang et d'un lièvre pur. Après un examen des plus minutieux, on l'a trouvé complétement semblable à un lapin pur sang. On consulta M. Florent Prévost, aide-naturaliste au Muséum, où depuis cinquante ans il a assisté à toutes sortes d'expériences; sa longue pratique lui donnait donc une grande autorité dans la question. Voici quel a été son témoignage :

« On a bien voulu me demander mon avis sur les caractères qu'on pouvait retrouver comme appartenant au lièvre; car ce produit ressemblait à un vrai lapin. J'ai trouvé de l'analogie dans la couleur des membres postérieurs et dans celle du feutre du corps..... Occupé de cette intéressante question, j'ai quitté de bonne heure la Société pour aller tout de suite dans plusieurs marchés et chez quelques personnes examiner tous les lapins morts ou vivants que j'ai pu rencontrer, pour les comparer à celui qui occupait l'intérêt de la Société..... Sur le grand nombre d'individus que j'ai observés, huit ou dix avaient les mêmes caractères que j'avais remarqués sur celui auquel je venais de les comparer (le léporide), et cependant ce n'étaient que des lapins domestiques. »

Ainsi, malgré ses trois cinquièmes de sang de lièvre, ce léporide était complétement identique avec le lapin domestique, d'après le jugement d'un homme que ses habitudes de chasseur et que les observations qu'il a faites au Muséum depuis son enfance rendent un juge irrécusable.

Ce phénomène de retour s'impose donc à notre attention par la fréquence avec laquelle nous le voyons se manifester à la suite de l'hybridation. Il est assez important pour que nous ayons à l'examiner de plus près. C'est ce que nous ferons dans la prochaine séance, en même temps que nous appliquerons à l'homme les notions que nous venons d'acquérir.

ARM. ANGLIVIEL.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

)URS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[E ANNÉE NUMÉRO 9 30 JANVIER 1869

Paris, 29 janvier 1869.

re de l'agriculture a nommé, il y a quelque temps, ssion chargée d'étudier sur place une maladie du fréquente en Auvergne, où elle est connue sous le *des montagnes*. Cette commission, présidée, — de M. Bouley, et qui avait pour secrétaire-rapporteur nson, comprenait en outre un certain nombre de ou d'agriculteurs du pays, plus deux professeurs érinaires, retenus, comme M. Bouley, fort loin des ériences par leurs occupations ou leurs recherches s, et qui sont probablement restés tout à fait étran- ravaux. M. Bouley en a exposé les résultats devant des sciences.

s *montagnes* avait provoqué plus d'une fois déjà la de commissions officielles. Dès la fin du siècle der- s premiers élèves de l'École d'Alfort, Petit, en lement déterminé les caractères dans le journal s le nom d'*Instructions vétérinaires;* il reconnut ette épizootie n'était autre chose que le charbon. ission présidée par M. Bouley a confirmé, dès le ses recherches, l'exactitude des vues de Petit. profité de l'occasion pour examiner si la virulence arbonneux, et sa propriété de transmettre la ma- liée, à la présence de bactéries dans son sein, eut la théorie de M. Davaine, aujourd'hui généra- eptée. Les expériences de la commission, qui ne pas avoir été dirigées par des principes bien fixes, ite à cette conclusion que la présence des bactéries nent accidentelle; en effet, le sang avec lequel on er le charbon ne contenait pas toujours de ces or- icroscopiques, et, d'un autre côté, parmi les ani- nt succombé à cette inoculation, les ruminants, outons, n'en présentaient que dans certains cas et t pas dans d'autres, tandis que, chez les lapins, on , au contraire, d'une façon tout à fait constante.

erait donc la cause de la maladie charbonneuse? Sanson a émis sur ce point une doctrine dont la a lui laisse, a dit M. Bouley, l'honneur et la respon- is qui paraît bien ne pas lui déplaire. Voici en quoi te :

a du sang charbonneux subirait une modification laquelle son albumine passerait à l'état de diastase transformer, dans les conditions ordinaires, l'ami- ycose. Cette modification particulière de l'albumine exclusivement propre au sang des animaux char- bonneux? Non, toujours d'après M. Sanson; elle se produirait également dans le sang extrait des veines d'un animal sain et abandonné aux influences naturelles dans un tube fermé. Du sang normal traité de cette manière a été inoculé à six animaux ruminants, « au moment où son examen a fait juger », — on ne dit pas comment, — « qu'il avait dû subir la modification diastasique », et l'un de ses animaux aurait présenté les symptômes de l'affection charbonneuse, absolument comme ceux qui avaient été inoculés avec du sang provenant de sujets charbonneux. Cette théorie conduit nécessairement M. Sanson à identifier la maladie charbonneuse avec la fermentation putride du sang, puisque ces deux phénomènes pathologiques se caractériseraient par le même fait, l'albumine acquérant les propriétés de la diastase, et que l'inoculation de sang simplement putride communiquerait le charbon tout aussi bien que l'inoculation de sang charbonneux.

Ce n'était point assurément la nouveauté qui manquait à cette doctrine. M. Dumas, dont on connaît la discrétion quand il s'agit d'intervenir dans les discussions académiques, crut nécessaire d'engager M. Bouley à retrancher de sa communication la théorie de l'albumine. Il ne faudrait pas, disait-il, autoriser le public à croire que les chimistes de l'Académie laissent passer, sans les relever, des idées de ce genre sur l'albumine du sang et la diastase. M. Bouley répondit qu'il avait analysé fidèlement la théorie de M. Sanson, — ce que personne ne mettait en doute, — et, pour le prouver, il tira de sa poche une note de l'auteur dont il donna lecture. Naturellement M. Dumas n'insista point.

La charbon a toujours été comparé, de plus ou moins près, aux maladies putrides; maintenant qu'on arrivait à une complète identification, il était naturel de chercher à le traiter par les antiseptiques; on a donc essayé l'acide phénique qu'il est de mode aujourd'hui d'employer à tout.

La commission a inoculé le charbon à quatre brebis et à un taurillon; M. Bouley n'a pas dit si cette inoculation avait été faite avec du vrai sang charbonneux ou avec du sang « dans lequel la fermentation putride commence à se manifester », et auquel M. Sanson attribue des propriétés tout à fait identiques, mais qui ne sont pas encore acquises à la science. « Lorsque les symptômes qui se sont manifestés ont mis hors de doute que l'inoculation avait produit ses effets », on leur a administré des potions phéniquées au centième. « La dose pour le sujet de l'espèce bovine, écrit M. Bouley, a été de 10 grammes d'acide phénique dans un litre d'eau, administrés en deux doses égales, et, pour les brebis, de 1 gramme seulement. » Cependant, des explications données par M. Bouley à la séance, sur les questions de plusieurs membres, notamment M. Payen, il semblait résulter qu'on avait administré

au taurillon non 10 grammes d'acide phénique, mais 10 grammes de la solution aqueuse d'acide phénique au centième, ce qui ne ferait plus, en réalité, qu'un décigramme d'acide phénique. Quoi qu'il en soit, sur les cinq animaux inoculés et traités comme on vient de le voir, une seule brebis est morte, mais plus tardivement que lorsque l'inoculation suit sa marche naturelle ; les trois autres ont survécu ainsi que le taurillon.

Un vétérinaire de Murat, membre de la commission, M. Missonnier, a traité avec succès, par l'eau phéniquée, deux vaches qui avaient contracté naturellement le charbon, ainsi qu'un homme et son enfant atteints de la pustule maligne, auxquels il a fait prendre le remède à la fois par l'intérieur et par l'extérieur. Enfin, M. Lemaitre, vétérinaire à Etampes, pays où le charbon règne en permanence, a également réussi en traitant de la même manière cinq chevaux atteints de la maladie charbonneuse.

M. Déclat revendique la priorité de cette application de l'acide phénique au traitement de la pustule maligne et du charbon. Il l'a déjà employé avec succès il y a plus de trois ans, et son observation a été publiée.

Les expériences de la commission exposées par M. Bouley ne paraissent décisives sur aucun point.

Les modifications et le rôle attribués à l'albumine sont probablement tout à fait imaginaires ; les chimistes, — sauf un peut-être, — protestent énergiquement contre cette doctrine que bien des expériences physiologiques condamnent.

On dit que l'inoculation du sang putride produit les mêmes effets que l'inoculation du sang charbonneux ; mais il faudrait bien préciser les symptômes pour montrer qu'on n'a pas confondu, avec le charbon, l'infection purulente qui lui ressemble, en effet, à certains égards, et cette confusion est surtout à craindre quand on ne caractérise plus le charbon par la présence des bactéries, ce qui est un signe toujours facile à vérifier. Il ne semble même pas qu'on ait essayé de faire des inoculations avec le sang des animaux soumis à ces injections de sang putréfié, pour en comparer le résultat à celui des inoculations du sang charbonneux naturel. Les conditions des expériences ne sont pas convenablement déterminées, et elles n'aboutissent, d'ailleurs, qu'à des résultats variables. On s'est cru autorisé à conclure par un seul cas de réussite sur six essais.

Quant au traitement par l'acide phénique, il n'est point déraisonnable de l'essayer; mais, avant d'apprécier le résultat de la commission, il faudrait connaître beaucoup mieux les circonstances dans lesquelles elle a opéré, et surtout savoir si les animaux expérimentés n'auraient pas été inoculés avec du sang putride au lieu de sang charbonneux. Nous reviendrons du reste sur cette question.

— Dans sa leçon d'aujourd'hui, M. Claude Bernard a étudié la théorie physiologique de l'anesthésie par le chloroforme et l'éther. Ses expériences confirment le résultat, déjà annoncé en Angleterre, que le sommeil naturel et le sommeil anesthésique s'accompagnent non d'une congestion du cerveau, comme on le croyait autrefois, mais, au contraire, d'une anémie relative.

Ce n'est point là, du reste, que M. Claude Bernard cherche l'explication de l'anesthésie, mais dans une action élective sur les centres nerveux. D'après ses expériences, il suffit, pour produire l'anesthésie dans tout le corps, que le sang chloroformique agisse sur les centres nerveux encéphaliques ; la moelle épinière et les nerfs sensitifs sont anesthésiés par influence, quoique le sang chloroformique ne les touche pas ; au contraire, si l'on fait agir le chloroforme seulement sur la partie inférieure de la moelle épinière, l'anesthésie se produit bien dans les régions du corps qui reçoivent des nerfs émanés de la partie chloroformisée de la moelle, mais elle ne se propage pas vers le cerveau; enfin, on n'obtient pas d'anesthésie proprement dite, quand le chloroforme n'atteint pas la moelle épinière ou l'encéphale.

Quoique les nerfs sensitifs ne puissent subir l'action du chloroforme que par leur extrémité médullaire, cependant, quand cette action se produit, c'est par l'extrémité périphérique que leurs propriétés commencent à disparaître, et cette insensibilité remonte ensuite progressivement vers les centres nerveux, le tout absolument comme dans la mort naturelle.

Nous avons cru intéressant d'annoncer immédiatement à nos lecteurs ces résultats nouveaux, qui seront bientôt développés dans la *Revue*, lorsque la publication du cours de M. Claude Bernard en arrivera à cette leçon.

ASSOCIATION BRITANNIQUE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

SESSION TENUE A NORWICH (1)

M. W. ODLING

de la Société royale de Londres.

De l'action chimique directe et inverse

Si on laisse tomber un poids du plafond d'une chambre, il descend rapidement jusqu'au plancher. A quelque hauteur qu'on le suspende, il n'a besoin d'aucune pression pour effectuer ce mouvement. Tout ce qui lui est nécessaire, c'est de n'être plus maintenu, de n'avoir plus de point d'arrêt : il tombe de lui-même. Il possède, selon toute apparence, une tendance innée à tomber, et cette tendance se manifeste aussitôt que l'occasion lui en est offerte.

Une fois en contact avec le plancher, ce poids y reste. Il n'a aucune tendance innée à remonter vers le plafond. Pour y retourner, il faut qu'il y soit soulevé par l'effort d'un individu quelconque, par le déploiement d'une certaine quantité de force : c'est ainsi que le poids des anciennes horloges, telles qu'on en voit encore aujourd'hui dans les campagnes, doit être remonté par une force quelconque, tandis qu'il descend de lui-même.

A les considérer comme un système de corps, on voit qu'il existe entre le poids suspendu et le plancher une certaine tendance ou une certaine faculté d'aller l'un vers l'autre, tandis qu'il n'existe rien de semblable entre le poids tombé et le plancher. Le poids suspendu et le plancher constituent un système mobile ou inconstant entre les éléments constitutifs duquel il peut y avoir un mouvement de rapprochement. Le poids tombé et le plancher constituent un système stable ou immobile entre les éléments constitutifs duquel le plus grand degré de rapprochement est déjà effectué.

(1) Voyez des lectures de MM. Hooker, Huxley et J. Tyndall à la même session, dans notre tome V, pages 633 et 697, numéros des 5 septembre et 3 octobre 1868, et dans le présent volume, page 11, numéro du 5 décembre 1868.

ande majorité des actions chimiques sur lesquelles on des chimistes s'est principalement arrêtée peuvent nparées à l'action mécanique de tomber, et à d'autres analogues par lesquelles une force ou puissance la-t mise en emploi ou dépensée. Elles peuvent être ées, en d'autres termes, au poids qui tombe et non qui remonte. Contentez-vous de placer les réactifs chi-dans des conditions où ils puissent agir l'un sur l'au-nez-leur seulement l'occasion d'exercer cette action, issent d'eux-mêmes sans avoir besoin de l'intervention rce motrice ou d'un agent extérieur. Selon toute ap-, ils forment, en vertu de leurs tendances innées, de s combinaisons, qui, dans les conditions de l'expé-sont plus stables que les combinaisons primitives. e que, dans l'exemple mécanique que nous avons production d'un système plus stable est accompagnée pense de mouvement et démontrée par cette dépense; e, dans les actes chimiques, la production de composés les est accompagnée d'une dépense de ce mouvement el que nous appelons chaleur et démontrée aussi par ement.

expliquer plus clairement ma pensée par une expé-ès-simple et bien connue. J'ai placé dans un de ces morceau d'une substance chimique très-active, le re, et dans l'autre un peu d'iode, corps doué aussi tivité considérable. Lorsqu'on les met en contact, ils t rapidement l'un sur l'autre pour produire une troi-bstance connue sous le nom d'iodure de phosphore, ction se manifeste à nos yeux par un dégagement le lumière et de chaleur. Ainsi, de même qu'il y a poids suspendu et le plancher une faculté d'aller l'un tre, il y a entre le phosphore et l'iode une faculté r ensemble; et, de même que la dépense de mouve-ns le premier cas, démontre le passage d'un système ne moins stable à un système mécanique plus stable, se de chaleur, dans le second cas, démontre égale-passage d'un système chimique moins stable à un sys-imique plus stable. Nous commençons par des corps s, le phosphore et l'iode; nous terminons par un lativement stable et inactif, l'iodure de phosphore, ngement s'accompagne d'un dégagement de chaleur. -moi vous donner encore un exemple de ce fait. J'ai uille de zinc qui va se trouver d'abord en contact avec de l'air, puis avec un courant d'oxygène s'échappant e. Le zinc et l'oxygène, comme le phosphore et l'iode, priété de brûler ensemble; et cependant ils ne brû-ncore. Pour qu'ils puissent s'enflammer, il faut que température de l'un ou de l'autre de ces corps dans rtions fort considérables, ne fût-ce que pendant quel-utes. Tant que le combustible ne brûle pas, on peut le zinc au poids suspendu par un fil. Dans le premier oment où l'on coupe le fil, afin de créer une con-cessaire à la production du phénomène, le poids se vers le plancher; dans le second cas, au moment où oche une lampe à esprit-de-vin afin de créer ici e condition nécessaire, le zinc prend feu dans l'oxy-rûle de lui-même avec un très-grand éclat. Il n'en-s dans mon sujet d'examiner ce soir les condi-l'action chimique; je dois me contenter de vous arquer que le résultat de l'action qui s'est opérée eux, c'est la conversion du zinc et de l'oxygène, tous deux très-peu stables, en un corps très-stable, je veux dire l'oxyde de zinc, qui flotte en ce moment dans la salle à l'état de vapeur et dont la formation s'est accompagnée d'un dégagement manifeste de lumière et de chaleur.

Ces réactions chimiques de l'iode sur le phosphore et de l'oxygène sur le zinc, qui s'effectuent d'elles-mêmes au milieu de conditions convenables, qui aboutissent à la formation de corps plus stables, et s'accompagnent d'un dégagement ou d'une dépense de chaleur; ces réactions, dis-je, ont reçu le nom d'actions chimiques directes. De même que nous pourrions citer comme exemple d'une action mécanique directe le fait du poids qui tombe, ou, ce qui revient au même, la marche d'une pendule, qui s'effectue d'elle-même et d'une façon tout à fait analogue, quand elle se trouve dans des conditions favorables, et qui s'accompagne également d'une dépense de mouvement.

Les changements que nous venons d'étudier, — c'est-à-dire ceux des deux substances chimiques, le phosphore et l'iode, en une seule substance chimique, l'iodure de potassium, et des deux substances chimiques, le zinc et l'oxygène, en la seule substance chimique, l'oxyde de zinc, —ces changements nous fournissent deux exemples d'un genre particulier d'action chimique que nous connaissons sous le nom de combinaison chimique. Mais ce serait une très-grande erreur que de limiter l'idée de l'action chimique directe à celle de la combinaison chimique, car elle comprend au même titre ce qu'on appelle la décomposition chimique. Par exemple, sur ce morceau de papier à filtrer se trouve placé une petite quantité d'iodure d'azote, substance analogue, quant à sa composition, à l'iodure de phosphore que nous avons produit il y a quelques instants, mais très-dissemblable sous le rapport de ses propriétés. En effet, tandis que l'iode et le phosphore ont une tendance à se combiner, l'iode et l'azote, déjà combinés dans l'iodure d'azote, ont une tendance à se séparer; de sorte qu'en touchant ce dernier corps, ne fût-ce qu'avec une plume, on provoque une décomposition bruyante : il se dédouble en ses éléments constitutifs, et cette décomposition s'accompagne d'un dégagement de lumière et de chaleur. En comparant les deux expériences, nous voyons que, dans le premier cas, nous commencions avec des éléments constitutifs très-peu stables, le phosphore et l'iode, et nous finissions par le composé relativement stable, l'iodure de phosphore. Dans le second cas, nous partons d'un composé dépourvu de stabilité, l'iodure d'azote, et nous obtenons des éléments constitutifs relativement stables, l'azote et l'iode. La combinaison dans le premier cas, comme la décomposition dans le second, s'accompagnent également d'une dépense de chaleur.

Comme l'inverse de l'expérience où la combinaison du zinc et de l'oxygène ne s'est effectuée qu'après l'application momentanée d'une flamme, je puis vous rappeler la décomposition du coton-poudre, produite également par l'application momentanée d'une flamme. Indépendamment de tout rapport avec l'air ou l'oxygène, une masse volumineuse de coton-poudre, dès qu'elle est touchée par la flamme d'une bougie, se décompose à l'instant en un mélange complexe de gaz invisibles; et la décomposition du coton-poudre, comme la production de l'oxyde de zinc, s'accompagne d'un dégagement considérable de chaleur.

Nous pouvons facilement trouver l'analogue de ces décompositions chimiques dans certaines actions mécaniques, par exemple la décharge d'un fusil à vent. La balle et la culasse

de l'arme se trouvent là dans un rapport mécanique forcé; les éléments constitutifs de corps aussi peu stables que l'iodure d'azote et le coton-poudre se trouvent également vis-à-vis l'un de l'autre dans un rapport chimique forcé. Dans chacun de ces cas, l'établissement d'un système mécanique ou chimique plus stable nécessite une divergence ou une séparation, au lieu d'un rapprochement ou d'une combinaison comme dans nos précédents exemples de changements moléculaires. Entre la balle et le fusil à vent il existe un mouvement potentiel de divergence, dont la production démontre qu'ils ont pris, l'un vis-à-vis de l'autre, des rapports mécaniques plus stables; de même entre l'azote et l'iode de l'iodure d'azote, et entre les éléments constitutifs du coton-poudre, il existe aussi une chaleur potentielle de décomposition, dont le dégagement démontre qu'ils ont pris des rapports mutuels plus stables. C'est la production de chaleur qui forme le critérium de l'action chimique directe, de la transformation de corps moins stables en corps plus stables, que cette transformation soit un fait de combinaison ou de décomposition, qu'elle ait lieu sur le champ, ou seulement par suite d'une élévation de température. Dans la dynamique de la chimie, nous ne faisons aucune distinction entre la combinaison et la décomposition; nous considérons seulement la stabilité relative des corps originels et des corps secondaires : la preuve de la stabilité plus grande des corps secondaires se trouve dans le fait même de la production de chaleur, et la mesure de leur stabilité est fournie par le degré de chaleur dépensée pour leur formation.

Comment alors peut-on apprécier le degré de chaleur dégagée dans la formation d'un corps? Comment peut-on, en général, établir une balance entre divers degrés ou différentes quantités de chaleur? Il est évident que la simple observation des températures, sans tenir compte de la nature diverse et de la quantité variable des substances qui manifestent ces températures, ne nous fournira pas les renseignements dont nous avons besoin. Voici un barreau de cuivre massif suspendu dans une cuve d'eau bouillante, et qui se trouve, par conséquent, à la température de cette eau, c'est-à-dire à 100 degrés centigrades; d'un autre côté, j'ai ici une petite boule de platine maintenu au rouge vif par la flamme d'un appareil de Bunsen. Il est évident que le platine est beaucoup plus chaud que le cuivre, ou, en d'autres termes, que la température du platine est beaucoup plus élevée que celle du cuivre : mais lequel de ces deux métaux possède la plus grande quantité de calorique?... Je laisse tomber la boule de platine chauffée au rouge vif dans un verre d'eau, et, par ce fait, j'établis sur-le-champ un équilibre de température entre la boule de platine et l'eau : l'excès de chaleur donné à l'eau par le platine est si faible, qu'il n'élève pas assez la température de l'eau pour affecter ce grossier thermomètre à air dont je me sers en ce moment. Je retire la boule de platine; à sa place, je plonge dans l'eau le barreau de cuivre dont le volume est plus considérable, mais qui est beaucoup moins chaud. Dans ce cas aussi l'équilibre de température s'établit rapidement entre le métal et l'eau du verre; mais, cette fois, l'excès de température communiqué à l'eau par le barreau de cuivre suffit pour élever la température de cette eau à un point tel qu'en y introduisant notre même thermomètre à air, le liquide coloré de la boule monte à l'instant jusqu'au sommet de l'échelle, nous démontrant ainsi d'une manière bien claire que le cuivre, tout en présentant une température moindre que celle du platine, a communiqué à l'eau une quantité bien plus considérable de chaleur. Voilà le principe dont on se sert pour la mesure du calorique, je veux dire l'observation de la température qu'un corps chauffé peut communiquer à une quantité donnée d'eau. Pour établir un terme défini de comparaison, on prend comme unité ou *calorie* la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un kilogramme d'eau d'un degré centigrade (à peu près ce qu'il faut pour élever de 2 degrés Fahrenheit la température de deux livres anglaises d'eau).

Par unité de chaleur, j'entends donc la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 0 degré à 1 degré centigrade la température de l'eau renfermée dans cette mesure d'un litre. Par conséquent, tout ce qui est nécessaire pour évaluer la quantité de chaleur produite par une action chimique particulière, c'est de laisser cette action s'accomplir dans des circonstances telles, que la totalité de la chaleur dégagée soit absorbée par une quantité connue d'eau, et de noter alors l'élévation de température subie par cette eau. Dans cette petite tasse, par exemple, se trouve un mélange de chlorate de potasse (sel éminemment oxydable), et de poudre de charbon; si l'on met le feu à ce mélange, il brûle en donnant une quantité d'étincelles, comme le feraient des pétards. Pour connaître la quantité de calorique produite par cette combustion particulière, je place la tasse avec le mélange dans une sorte de petite cloche à plongeur; puis, au lieu d'expérimenter en plein air, je submerge la cloche avec son contenu dans ce cylindre de verre, et je laisse brûler le mélange à une grande profondeur sous l'eau. Les produits gazeux de la combustion, en bouillonnant à travers l'eau pour monter jusqu'à la surface, se refroidissent complétement. Lorsque la combustion est terminée, je laisse pénétrer un peu d'eau sous la cloche, j'agite le tout pendant quelques secondes, et, en observant au moyen d'un thermomètre quelle augmentation de température a subie l'eau du cylindre, j'apprends que la chaleur de cette combustion particulière a suffi pour élever de tant de degrés la température de tel volume d'eau.

Au moyen d'instruments analogues à celui-ci quant à leur principe, mais d'une délicatesse et d'une exactitude bien plus grandes, on a pu déterminer la quantité de chaleur produite par un nombre considérable de changements chimiques, ce qui a conduit à ce résultat général, que la quantité de chaleur produite par toute action chimique particulière est parfaitement définie et substantiellement invariable. Vous vous rappelez l'expérience que nous avons faite relativement à la combustion du zinc dans l'oxygène. On trouve que, chaque fois que 65 grammes de zinc se combinent avec 16 grammes d'oxygène pour former 81 grammes d'oxyde de zinc, la chaleur dégagée dans l'opération s'élève à 86 calories, ou, en d'autres termes, représente la quantité nécessaire pour élever la température de 86 kilogrammes d'eau de 0 à un degré. De même, dans la combustion de l'hydrogène, sur laquelle je vais bientôt appeler toute votre attention, chaque fois que 2 grammes d'hydrogène se combinent à 16 grammes d'oxygène pour produire 18 grammes d'eau, il y a dégagement de 68 calories. Cependant, bien que la quantité de chaleur soit substantiellement invariable, la température produite par un changement chimique particulier varie dans les limites les plus étendues et dépend surtout de la rapidité du changement chimique et de la quantité aussi bien que de la nature de la matière à laquelle la chaleur se communique. Par

ple, j'ai ici un mélange d'oxygène et d'hydrogène, les- sous l'influence d'une boule de terre glaise platinisée, mbineront graduellement pour produire un volume réciable d'eau. Cette action s'opère au moment même parle, et la condensation de ce mélange de gaz se mani- à vos yeux par l'élévation graduelle du mercure ren- dans le tube. Dans cette expérience, la vitesse de la inaison est si faible, la quantité d'oxygène et d'hydro- qui se combine dans le laps d'un instant est si petite, que leur se dissipe presque en même temps qu'elle se dé- en sorte que la température de la boule de terre glaise lève jamais d'une manière appréciable.

s voici une autre expérience dans laquelle la combinai- l'oxygène et de l'hydrogène se fait plus vite,—bien que encore avec une très-grande lenteur,—sous l'influence feuille de platine. Vous voyez qu'ici la chaleur produite combinaison se dégage avec assez de rapidité pour enir le platine à la température rouge brun. Cette co- on rouge de la feuille de platine montre qu'elle atteint gré de chaleur assez élevé ; elle n'est cependant pas en- xtrêmement chaude, puisqu'elle est incapable d'enflam- e gaz charbonneux qui l'entoure.

s si je m'arrange de façon que l'hydrogène et l'oxygène nt en combinaison avec une grande rapidité ; si, par ple, je les fais brûler ensemble au chalumeau, j'obtiens les températures les plus élevées qu'on puisse atteindre le d'aucun moyen chimique. Vous voyez qu'un morceau aux placé dans cette flamme brille d'une lumière blan- ntense (la lumière dite oxyhydrogène), qu'un morceau atine, métal si éminemment réfractaire, et que jadis on it infusible, s'y fond à l'instant; qu'une feuille épaisse r laminé se creuse et se troue partout où la flamme l'at- , et qu'un bouton de zinc se fond et bout même sous uence de cette température, tandis que sa vapeur, pre- feu, brûle dans l'air avec un éclat éblouissant (1).

élévation de température produite par cette combustion donc selon la somme de combinaison effectuée dans un s donné, et cette variation peut s'étendre, comme nous ns vu, depuis une chaleur à peine appréciable jusqu'au où le platine entre en fusion. Mais, que la combinaison ctue rapidement ou lentement, que la température pro- soit haute ou basse, pour chaque quantité de 18 gram- de mélange gazeux transformée en eau, on trouve juste lories dégagées, ni plus ni moins.

mme l'indique la raison et comme l'ont démontré les riences, il en résulte que, pour défaire ou renverser action chimique, il faut apporter exactement autant de eur qu'il en a été dépensé dans l'action primitive ; ainsi, qu'il se dégage 68 calories dans la combustion de 2 gram- d'hydrogène avec 16 grammes d'oxygène, la *décombustion* tte quantité d'hydrogène, ou le renversement de l'action ique que nous venons d'étudier, ne doit s'effectuer qu'à ndition de retrouver d'une manière ou d'une autre les lories perdues. Cette décombustion de l'hydrogène peut être prise comme exemple de ce qu'on entend par une n chimique inverse. C'est une action chimique qui ne re pas d'elle-même, comme la chute du poids descendant lafond au plancher; au contraire, comme le mouvement du poids qu'on fait remonter du plancher au plafond, c'est une action qui ne peut s'effectuer que sous l'influence d'une force extérieure.

Si nous appelons action mécanique directe le mouvement du poids qui descend du plafond au parquet, nous trouverons un exemple de l'action mécanique inverse dans celui du poids qu'on fait remonter du parquet au plafond.

Arrêtons-nous un instant pour examiner les moyens divers à l'aide desquels nous pouvons produire cette action mécanique inverse. Il est d'abord un procédé fort simple qui se présente immédiatement à l'esprit: c'est de faire intervenir l'action directe ou la chute d'un autre poids plus lourd. Si, au moyen d'une corde et d'une poulie, je réunis notre premier poids à un autre poids plus lourd, retenu en ce moment près du plafond tandis que l'autre est près du plancher, la chute du poids le plus lourd entraînera l'élévation du poids le plus léger. Une portion de la faculté de tomber que possédait originellement le plus lourd des deux poids se trouve transportée à l'autre, et la force de son mouvement descendant réel sera diminuée par la force de mouvement descendant virtuellement restituée au poids le plus léger.

Nous pouvons de même, par la combustion d'une substance plus riche en calorique, effectuer la décombustion de notre hydrogène. Vous vous rappelez que, dans la combinaison de 16 grammes d'oxygène avec du zinc, il y a dégagement de 86 calories, tandis que la combinaison de la même quantité d'oxygène avec l'hydrogène produit seulement 68 unités de chaleur. Par conséquent, si nous faisons agir du zinc sur de l'eau acidulée, nous obtiendrons, comme chacun le sait, une combustion ou oxydation du zinc, et une décombustion relative ou désoxydation de l'hydrogène. Cette combustion du zinc aux dépens de l'hydrogène est accompagnée d'un dégagement considérable de chaleur, bien que ce dégagement soit moindre que celui qui résulterait de sa simple combinaison avec de l'oxygène. De même que la faculté de tomber d'un poids lourd l'emporte sur la résistance du poids léger qu'on veut soulever, la faculté de brûler du zinc l'emporte sur la résistance qu'offre l'hydrogène à la décombustion. Mais de même que le mouvement descendant du poids lourd est diminué par le mouvement ascendant transmis au plus léger, de même aussi la chaleur dégagée par le zinc qui brûle est diminuée par la faculté de brûler rendue à l'hydrogène.

Voici notre zinc qui se dissout. Au milieu, j'ai placé la boule d'un thermomètre à air, à l'aide duquel vous pourrez constater que cette combustion du zinc aux dépens de l'hydrogène s'accompagne d'un dégagement manifeste de chaleur. Mais, puisque la combustion de chaque volume de 65 grammes de zinc remet 2 grammes d'hydrogène en liberté, au lieu d'obtenir 86 calories par la combustion de cette quantité de zinc, nous n'obtenons que 86 calories moins 68, c'est-à-dire 18 calories. Les 68 calories qui font défaut constituent la chaleur potentielle de l'hydrogène qui se dégage et que j'enflamme en ce moment. Si l'on ajoute la quantité de chaleur ainsi produite par cette combustion de l'hydrogène à celle que dégage le zinc en se dissolvant et que le thermomètre à air permet d'évaluer, on retrouvera exactement la quantité de chaleur qui se serait dégagée si l'on avait fait brûler le zinc directement dans l'oxygène.

Mais, au lieu d'employer un autre poids plus lourd, je puis aussi effectuer le soulèvement du poids depuis le plancher jus-

(1) Voyez ci-dessus, page 15, numéro du 5 décembre 1868, une e de M. W. Odling sur la chaleur de la flamme oxyhydrogène.

qu'au plafond par ma seule force musculaire; de même aussi je puis produire la dissociation de l'hydrogène et de l'oxygène de l'eau par ma propre force musculaire sans faire brûler une autre substance plus riche de calorique. En tournant la manivelle d'un appareil composé d'un axe, d'une corde et d'une poulie, je puis faire remonter le poids du plancher au plafond ; en tournant le manche d'un appareil convenable, composé de fer doux et de fil de cuivre, je puis aussi dégager l'oxygène et l'hydrogène de leur état de combinaison. Suivant que je tourne le bouton électrique plus ou moins rapidement; en d'autres termes, suivant que j'emploie un degré de force musculaire plus ou moins considérable, je produis, aux extrémités des fils, la décomposition d'une masse plus ou moins grande d'eau, et la libération d'une quantité plus ou moins forte de gaz hydrogène et oxygène. Si vous avez présente à l'esprit la corrélation du mouvement et de la chaleur, vous comprendrez facilement que, dans cette expérience, le mouvement réel que pourrait produire mon effort musculaire est diminué par la faculté de brûler ou le quasi-mouvement qui reste aux gaz libérés.

Mais l'exemple certainement le plus remarquable de la décomposition de l'eau en ses deux éléments constitutifs, l'oxygène et l'hydrogène, c'est celui qu'un ancien président de cette association, M. Grove, a décrit il y a vingt ans. Ses expériences, que je me propose de reproduire ce soir sous une forme un peu modifiée, ont établi ce fait singulier et tout à fait inattendu, à savoir, que si l'on expose de la vapeur d'eau à une chaleur intense, en la mettant, par exemple, en contact avec une feuille de platine chauffée au blanc, une portion de la vapeur d'eau ainsi chauffée se décompose en absorbant nécessairement une certaine quantité de la chaleur qui lui est directement fournie. Que le platine soit chauffé au moyen d'un courant électrique ou de la flamme oxyhydrogène, cela importe peu, pourvu que sa température soit suffisamment élevée. Mais si l'on a recours au dernier moyen, on constate un fait qui semble une étrange anomalie : la décomposition de l'eau en ses gaz constituants s'effectue par la chaleur qui résulte de la combinaison des deux gaz s'unissant pour former de l'eau. Il n'entre pas dans mon plan de vous expliquer ce soir par quelle série d'idées ingénieuses et d'habiles expériences M. Grove a été conduit à poser cette remarquable conclusion ; mais je crois pouvoir répéter ici ce que j'ai déjà eu occasion de dire il y a peu de temps à l'Institution royale, c'est qu'il fallait un observateur des plus sagaces, même pour constater simplement le fait dans l'état où il s'est présenté pour la première fois à son attention, et qu'il fallait un esprit des plus déterminés et des plus ingénieux pour réussir à établir ce fait en face d'un scepticisme qui se déclarait presque ouvertement. Pour que le phénomène pût être accepté comme une action chimique inverse, il fallait d'abord qu'il satisfît à l'idée qu'on pouvait se faire alors d'une action chimique de ce genre. Il appartenait à cette classe incommode de faits qui surgissent parfois dans les différentes branches de la science, et que tout esprit bien constitué se croit en devoir de nier aussi longtemps que possible, quitte à l'expliquer plus tard. Mais ce qui arrivera un jour aux faits préhistoriques et embryonnaires de la période actuelle du monde, est arrivé déjà pour ce fait de M. Grove, fait qui compte aujourd'hui vingt ans. Grâce à la manière complète dont il fut observé dans le principe, grâce à la sagacité de ses récents investigateurs, et plus particulièrement de Bunsen et Henri Sainte-Claire Deville (1), il a maintenant acquis une base si solide et des proportions si bien définies, que les sceptiques d'autrefois sont aujourd'hui assez magnanimes pour avouer qu'ils l'avaient admis dès le principe, et les plus récalcitrants d'entre eux iraient bien, je suppose, jusqu'à confesser qu'ils l'avaient pressenti longtemps avant que M. Grove en eût parlé.

Permettez-moi d'appeler toute votre attention sur l'expérience suivante. Voici un flacon rempli d'eau jusqu'au col; cette eau bout assez vivement, et il y a déjà plusieurs heures qu'on la fait bouillir ainsi, afin d'en chasser, autant que possible, tout l'air qu'elle contenait primitivement à l'état de dissolution. De ce flacon, la vapeur de cette eau qui a tant bouilli et qui bout encore, passe à travers un tube de platine en tout semblable à celui que je tiens à la main; elle finit par se dégager à l'extrémité de ce tube qui s'ouvre immédiatement sous un cylindre étroit et renversé contenant de l'eau bouillie et placé debout dans un petit récipient pneumatique. Nous allons chauffer, à l'aide du chalumeau de H. Sainte-Claire Deville, le tube de platine que la vapeur traverse en ce moment, et le porter ainsi à une température immédiatement inférieure au point de fusion. En l'exposant à cette température, une portion de la vapeur contenue à l'intérieur subit la décomposition. La portion non décomposée de la vapeur d'eau, mêlée aux gaz élémentaires résultant de la décomposition d'une autre partie de cette vapeur, s'échappe à l'extrémité libre du tuyau qui plonge sous le cylindre renversé rempli d'eau. Ici l'excès de vapeur se condense, tandis que les gaz non condensables bouillonnent à travers l'eau et viennent s'accumuler au haut du cylindre. Les petites bulles de gaz permanent s'élèvent rapidement à travers l'eau et montent au haut du cylindre. L'auditoire entier pourra voir, je l'espère, le volume de gaz non condensable qui va s'y accumuler et que nous ferons brûler tout à l'heure avec explosion.

Donc, en dehors de notre tube, l'oxygène et l'hydrogène brûlent et se combinent pour former de l'eau, tout en dégageant de la chaleur; tandis qu'à l'intérieur du tube, l'eau *débrûle*, se décompose en oxygène et hydrogène, en absorbant une certaine quantité de la chaleur dégagée par la combustion extérieure. Quand nous enflammerons tout à l'heure le mélange des deux gaz, nous ne ferons que ressaisir, comme chaleur provenant de leur combinaison, la chaleur extérieure qui s'était, pour ainsi dire, emmagasinée dans ces gaz au moment de leur séparation.

De même, dans toute autre action chimique qui s'accompagne d'un dégagement de chaleur, ou dans toute action chimique directe, la chaleur dégagée par l'action chimique n'est rien autre chose que cette chaleur particulière qui, directement ou indirectement, à un moment ou à un autre, avait été rendue potentielle dans les réactifs par l'effet d'une action chimique inverse précédemment effectuée à l'aide de quelque force extérieure. En d'autres termes, toute action chimique directe est la conséquence d'une action chimique inverse précédente. C'est, si je puis m'exprimer ainsi, la chute d'un poids qu'on avait précédemment remonté.

Établissant un contraste entre ces deux genres d'actions chimiques, l'action directe et l'action inverse, nous dirons que les actions chimiques inverses ne s'accomplissent pas

(1) Voyez des leçons de M. Henri Sainte-Claire Deville dans notre tome II, page 18, 10 décembre 1864; et notre tome III, page 241, 16 mars 1867.

nêmes, mais sont dues à quelque force extérieure, et pagnent d'un emmagasinage de cette force extérieure s produits qui en résultent ou d'une conversion de ctuelles en forces potentielles. Les actions chimiques au contraire s'accomplissent d'elles-mêmes, non en 'une tendance innée des réactifs, mais en vertu de force extérieure précédemment acquise, et elles sont agnées d'une libération de cette force emprisonnée le reconversion de forces potentielles en forces ac-

utes les actions chimiques directes qui s'opèrent cha-r autour de nous, la combustion des aliments dans ganisme et celle du charbon ou du bois dans nos four-ont de beaucoup les plus familières et les plus impor-Par notre consommation du charbon et des aliments, lire par leur combinaison chimique avec l'oxygène iosphère, nous obtenons, — en partie sous forme de , et en partie sous forme de force motrice fournie par ir et la puissance musculaire (suivant l'objet que nous rons), — la force qui avait été précédemment rendue lle, sous une forme ou une autre, dans un tissu vé-voie de développement et dans l'oxygène libéré le temps. Nous brûlons ensemble, nous convertissons carbonique et en eau, le carbohydrogène et l'oxy-il avaient été précédemment désunis par la combus-l'acide carbonique et de l'eau sous l'influence des solaires. En consommant du charbon et du bois dans rs, ou du pain et du vin dans notre estomac, nous ne que mettre en liberté la force emmagasinée par les s combustibles et alimentaires, à l'époque de leur for-sous la merveilleuse action chimique inverse du Sous cette influence, l'eau et l'acide carbonique ont e décomposition dans l'organisme du végétal en voie de ppement, et ont donné, d'une part, l'hydrogène du tissu , et d'autre part l'oxygène de l'air. Les produits de cette osition ont absorbé dans les rayons solaires juste autant leur qu'ils en reproduiront lorsqu'ils seront brûlés d. Donc, quand le tissu végétal et l'oxygène se combi-nouveau, dans nos foyers ou dans notre organisme, faisons que profiter de la chaleur latente des rayons ou de l'équivalent mécanique de cette chaleur emma-depuis des siècles dans chacune de ces matières isolé-

WILLIAM ODLING,
Professeur à l'Institution royale de la Grande-Bretagne.

uit de l'anglais par John FAURE. —

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

II

xpérimentation dans les sciences de la vie

la séance dernière, je vous ai dit que l'objet du cours année serait la technique expérimentale, c'est-à-dire l'art d'expérimenter sur les êtres vivants. Nous allons entrer tout de suite en matière.

Les généralités ne peuvent avoir que peu de place dans un pareil sujet, car il s'agit surtout de détails d'expériences et d'opérations. Cependant, comme, dans la science, il est néces-saire de ne pas séparer la main qui exécute l'expérience de l'esprit qui la dirige, la technique expérimentale se rattache elle-même à certaines idées qu'il est bon d'indiquer au moins dès à présent, sauf à les développer plus tard, quand les faits viendront servir d'exemples et de motifs à ces développements.

Les phénomènes des êtres vivants, comparés aux phéno-mènes des corps bruts, présentent de nombreuses différences, et cependant la méthode d'investigation qu'on leur applique est philosophiquement la même; ce sont donc seulement les modes d'expérimentation qui varient à raison de la complexité et de la nature spéciale des phénomènes de la vie.

La méthode expérimentale est celle qui se propose de re-monter à la cause prochaine des phénomènes en s'appuyant successivement sur les faits fournis à la fois, soit par l'obser-vation, soit par l'expérimentation. J'insiste sur cette défini-tion parce que, d'après certaines théories, on aurait pu croire que les sciences expérimentales ne tiennent compte que des expériences, et que les sciences d'observation se servent exclusivement des faits donnés par l'observation.

On a voulu aussi séparer d'une manière complète l'observa-tion et l'expérience, tandis que ces deux procédés d'investiga-tion ne se distinguent pas, en réalité, au point de vue philo-sophique. On a dit que l'expérimentateur troublait, tourmentait la nature, tandis que l'observateur l'écoutait; que l'observateur était passif et l'expérimentateur actif, etc. Toutes ces diffé-rences me paraissent se résumer dans une distinction impor-tante, la seule qu'on puisse établir, au point de vue scientifique, entre l'observation et l'expérimentation : l'observation se pré-sente à nous dans des conditions naturelles dont nous ne pouvons pas disposer, tandis que l'expérimentation se produit dans des conditions que nous provoquons et dont nous nous sommes rendus maîtres. C'est pourquoi j'ai défini autre part l'expérimentation *une observation provoquée* (1). Il faut ajou-ter encore que l'expérience va plus loin que l'observation; car on n'emploie même ordinairement l'expérimentation que lorsque l'observation est devenue impossible ou insuffisante. La détermination des circonstances dans lesquelles on obtient les phénomènes me paraît donc le seul caractère qui les rat-tache, soit à l'expérience, soit à l'observation : nous ne pou-vons que regarder les uns, tandis que nous pouvons faire apparaître ou disparaître les autres suivant notre volonté. Ce dernier caractère appartient en propre aux sciences expéri-mentales, qui se rendent maîtresses des phénomènes.

Telle est, selon moi, la seule distinction scientifique à éta-blir entre l'observation et l'expérience. Quant à la manière de raisonner sur les observations et sur les expériences, elle est absolument la même dans les deux cas; car, de part et d'autre, ce sont des phénomènes dont il faut étudier le méca-nisme et des faits dont il s'agit de découvrir la cause.

De tout temps on a cherché à remonter aux causes; mais c'est seulement depuis la création des sciences expérimentales qu'on emploie la méthode expérimentale pour analyser les phénomènes et dissocier leurs diverses conditions, afin de reconnaître dans la succession des faits celui qui joue le rôle

(1) oyez ci-dessus, page 98, numéro du 16 janvier 1869, et les indiqués dans la note de renvoi de cette leçon.

(1) Voyez notre tome V, page 520, 11 juillet 1868.

[illegible] on se créait, [illegible] purement spécula- [illegible] des hypothèses représentées [illegible] scolastique établissait ensuite ses [illegible] sories.

[illegible] des principaux promoteurs de la méthode [illegible] Bacon a vulgarisé cette méthode, et l'a élevée [illegible] véritable philosophie scientifique. Descartes [illegible] il a dit également qu'il fallait mettre des [illegible] la place des mots, et fonder ses opinions sur l'observa- [illegible] l'expérience. Enfin Newton a insisté sur ce point capital, qu'il fallait déduire les théories des faits, et non ramener les faits à des idées théoriques préconçues.

Dans la méthode expérimentale on doit donc toujours partir des faits; mais, bien qu'on s'appuie avant tout sur l'observation et sur l'expérience, il faut aussi faire usage de son esprit et raisonner sur les phénomènes. De sorte qu'il y a deux parts à faire dans la méthode expérimentale : d'un côté, l'art d'observer les faits dans des conditions exactes et bien déterminées; de l'autre, l'art d'appliquer le raisonnement à ces faits pour les rattacher à leurs conditions d'existence.

Il est, sans doute, fort difficile de bien observer les faits; mais cependant le grand écueil de la méthode expérimentale n'est point là; il réside surtout dans l'entraînement de l'esprit qui égare l'expérimentateur au delà de ce qu'il a vu. Une fois sur cette pente, le savant, bien qu'il s'appuie sur des faits exacts, en déduit des conséquences trop générales, qui deviennent de plus en plus incertaines à mesure qu'il s'éloigne de son point de départ. Il faut donc, pour éviter autant que possible cette erreur, ne marcher que de fait en fait, en n'avançant jamais une interprétation sans la soumettre aussitôt au critérium de l'expérience.

Parmi les savants et les philosophes, il en est qui ont péché par excès de raisonnement, d'autres par un excès contraire.

Parmi ceux qui, dans la science, ont donné une trop grande prédominance aux vues de l'esprit, quelques-uns, ainsi que nous venons de le dire, se sont bornés à tirer de leurs expériences, par une trop grande précipitation de jugement, des conséquences qu'elles ne renfermaient pas. Mais il en est d'autres aussi qui sont partis ouvertement d'idées à priori, auxquelles ils ont voulu ramener les faits d'observation et d'expérimentation qui justifiaient plus ou moins leurs idées, en écartant ceux qui ne concordaient pas avec elles.

Descartes, par exemple, en abordant l'étude des sciences expérimentales, y apporta les mêmes idées qui lui avaient si bien réussi en philosophie. Il fit de la physiologie comme il avait fait de la métaphysique; il partit d'un principe philosophique pour y ramener les faits scientifiques, au lieu de partir des faits pour y rattacher à posteriori des idées qui n'en fussent en quelque sorte que la traduction. Il en résulte que Descartes, tout en tenant compte des expériences physiologiques connues de son temps, expose une physiologie de fantaisie et à peu près imaginaire.

L'école de la philosophie de la nature, qui régnait au commencement de ce siècle en Allemagne, et qui donnait à l'esprit une prédominance beaucoup trop grande dans l'interprétation des phénomènes de la nature, a engendré, par réaction, toute une génération de savants sceptiques et empiriques qui n'ont plus voulu entendre parler que des faits bruts. Les excès du raisonnement dans les sciences provoquèrent ainsi l'apparition de savants et d'expérimentateurs purement empiriques, qui ont voulu exclure tout raisc méthode expérimentale, et ne plus voir dans la accumulation de faits bruts, dont le seul ass mettre la signification en évidence.

En France, parmi les physiologistes et les gendie a été un de ces expérimentateurs abs riques. Il ne voulait mêler aucune trace de l'observation ni à l'expérimentation; il faisait *pour voir* et sans idées arrêtées. D'après lui ments ne pouvaient que nous tromper ou no prétendait que les faits s'interprétaient d'eux-r seul rapprochement. Pour exprimer l'état Magendie avait l'habitude de dire : « Quand j'e n'ai que des yeux et des oreilles, je n'ai point

Si l'on se demande maintenant quel genre d' vent avoir sur la marche de la science les div de procéder que nous venons d'indiquer, on ver et les autres sont nuisibles par leur excès.

Les hommes qui, partant des faits d'observati mentation, en exagèrent les conséquences par u généralisation, sont des créateurs de systèmes. les systèmes on trouve en effet des observatior riences; mais le raisonnement, dépassant la l connus, a créé un système qui finit par s'écroul tres expériences. C'est ainsi que nous voyons tion et l'esprit de système se succéder alternati Galien jusqu'à nos jours. Après chaque grande d siologique, on a construit sur elle un système e cine, parce que telle est la tendance innée de l loir tout expliquer d'un seul coup et avant de l compléter son œuvre. Après la découverte de du sang, après les expériences d'Aselli, de F Graaf, etc., on a imaginé des systèmes médi ont eu successivement le même sort; ils ont qu'ils fussent fondés sur l'expérimentation, parc une base expérimentale trop étroite pour sout d'hypothèses et de raisonnements qu'on avait elle. Broussais lui-même avait un système fon siologie; il prenait comme point de départ Glisson et de Brown. Mais ces faits, par une exagérée, étaient devenus aussi entre ses mains système; et ce système, comme tous ceux qui cédé, n'a pu se soutenir qu'un temps très-cour

Maintenant, les expérimentateurs empiriques l'excès contraire à celui des faiseurs de systèmes pas aller au delà des faits, parce que, disent-ils, va plus loin que le fait, on se trompe. Je me propos, d'une circonstance dans laquelle Mag publiquement de s'être trompé, parce que lui pas encore été assez empirique. Voici le fait :

Magendie avait fait des expériences sur le suc et il avait constaté que ce liquide, qui ressem possédait la propriété de coaguler par la chal liquides albumineux. Il avait donc dit et écrit q créatique est un liquide albumineux : rien ne simple. Je suis venu vingt ans après recomme riences sur le même sujet; j'ai constaté à mon to vu Magendie, mais j'ai conclu autrement. Je re suc pancréatique coagulait lorsqu'on le chauffai dant je montrai que cette coagulation n'étai l'albumine, car la matière coagulable du suc

eaucoup d'autres caractères qui la différenciaient com-ent de cette substance. Je fis voir mes expériences à die, et cela se passait précisément au moment où il aire une leçon dans cette chaire. Magendie exposa au le désaccord de nos expériences, et il ajouta : « Moi oyais ne jamais aller au delà des résultats fournis par s, j'ai cependant encore dépassé les limites du fait brut mon expérience sur le suc pancréatique, et c'est pour ue je me suis trompé. En effet, je n'avais vu qu'une seule , c'est que le suc pancréatique coagule par la chaleur ; lieu d'exprimer simplement ce résultat, j'ai dit : Le suc atique est un liquide albumineux. Si je m'étais con-de dire : Le suc pancréatique coagule par la chaleur, s été inattaquable.

 voyez combien ces sujets sont difficiles et délicats. nêmes qui veulent rester dans l'empirisme le plus com-nt quelquefois encore, sans le savoir, plus loin que les ue sera-ce donc si l'on se laisse au contraire entraîner ent au caprice de son imagination ? On tombera alors s plus graves écarts, et l'on déduira de ses expériences nséquences qui ne seront plus du tout l'interprétation ne des faits.

faudra-t-il conclure de ces critiques qu'on doive, dans la e d'errer, rester dans l'empirisme expérimental le plus , et se contenter d'accumuler des faits les uns à côté tres ? Évidemment, non : il faut arriver aux théories qui s constituent la science. Or, pour cela, il faut que l'esprit des faits et s'élance dans l'inconnu à l'aide de vues ou uctions hypothétiques ; seulement on devra sans cesse ler à son aide la vérification expérimentale, à chaque pas fera en avant, de crainte que l'esprit ne s'égare, en nt la réalité pour suivre les déductions de ses hypo-. En un mot, la bonne science expérimentale ne peut se qu'à l'aide du double concours des faits bien observés, présentent les matériaux scientifiques, et du raisonne-ui les élabore, les interprète et les coordonne. La grande té, c'est de se maintenir dans la juste mesure des choses présente la vérité ; ce qui importe surtout, c'est de ra-les idées aux faits, et non les faits aux idées.

nger des excès du raisonnement devient d'autant plus qu'il s'applique à des sciences expérimentales moins es et qu'on raisonne sur un moins grand nombre de mesure que la physiologie et la médecine avancent, tions de systèmes deviennent de plus en plus difficiles, ue les faits sont tellement nombreux et variés, que, 'appuyait sur l'un d'eux pour en faire le point de dé-n système, on en trouverait aussitôt un autre pour re un système contraire. Aujourd'hui, la médecine une période de transition qui la conduit à l'état de expérimentale. L'esprit expérimental est opposé à l'es-système en ce qu'il ne se hasarde à sortir des faits nt qu'il a l'expérience pour le guider.

sumé, dans les sciences expérimentales, il faut : con-'abord les faits empiriquement et en eux-mêmes, en ussi exactement que possible leurs conditions d'exis-nvoquer ensuite le raisonnement qui les interprète et entre eux. C'est dans cette seconde phase du travail que que se trouve le passage dangereux ; pour ne pas lans l'erreur, il faut, je le rappelle, ne marcher que s, et ne jamais risquer un raisonnement sans une nce pour · aussitôt. Le raisonnement ne contient pas l'erreur en lui-même ; on raisonne toujours logiquement. Mais la logique n'est pas le caractère absolu de la vérité ; et, si l'on a pu dire que la raison est le critérium suprême, en ce sens que tout ce qui est vrai est logique, on a le droit de répondre que tout ce qui est logique n'est pas nécessairement vrai : car les prémisses une fois admises, l'erreur est aussi logique que la vérité. En matière de sciences expérimentales, ce n'est donc pas dans le raisonnement lui-même qu'il faut chercher la cause de l'erreur, mais seulement dans son point de départ et dans les faits sur lesquels il s'appuie.

Quand on part de faits absolument connus, et par conséquent vrais, le raisonnement, c'est-à-dire la logique, conduit nécessairement à la vérité ; alors on n'a même pas besoin de vérification expérimentale. C'est le cas des mathématiques pures, dans lesquelles on raisonne sur des faits idéaux dont les conditions d'existence sont créées par l'esprit. Quand on applique l'analyse mathématique, c'est-à-dire la logique, à des faits généraux de physique, ce sont des faits si simples, qu'on peut encore les soumettre au raisonnement et se laisser jusqu'à un certain point guider par lui. Cependant, par cela seul que ces faits sont rattachés à des conditions d'existence placées en dehors de nous et que nous n'avons pas créées à notre gré, de manière à savoir exactement ce que nous y mettions, il faut de temps en temps, lorsqu'on poursuit l'analyse mathématique, faire des expériences pour savoir si cette analyse ne s'égare point. Mais, quand on arrive aux phénomènes physiologiques, c'est-à-dire aux phénomènes les plus complexes de tous, on doit sans cesse se défier du raisonnement ; il faut que l'expérience serve à restreindre cette tendance naturelle que nous avons à expliquer trop vite, et ramener constamment les conceptions logiques au contrôle des faits.

De tout ce que je viens de dire, il résulte donc que, dans la méthode expérimentale, on doit employer à la fois les faits et le raisonnement. Mais, comme vous le voyez, la difficulté n'est pas à vrai dire, de bien raisonner, elle consiste bien plutôt à ne pas trop raisonner, et surtout à asseoir solidement son raisonnement sur des faits bien analysés, bien positifs et aussi élémentaires que possible. Or, nous devons nous expliquer sur ces faits élémentaires beaucoup plus difficiles à obtenir dans la science des êtres vivants que dans la science des corps bruts, mais qui sont néanmoins, dans une science comme dans l'autre, les seuls éléments capables de nous donner l'explication des phénomènes complexes.

La science expérimentale est essentiellement analytique ; elle analyse les phénomènes complexes qui nous entourent, et veut remonter de faits en faits jusqu'au fait élémentaire ou primitif qui devient la cause de tous les autres : car toutes les circonstances d'un phénomène s'enchaînent et se relient entre elles dans des rapports de cause à effet. Mais que devons-nous entendre ici par ces mots *cause d'un phénomène ?*

Il faut d'abord bien savoir qu'il ne s'agit pas de la cause première des choses ; cette recherche n'est pas de notre domaine, les sciences expérimentales ne veulent et ne peuvent remonter qu'aux causes secondes ou prochaines des phénomènes. Elles seules sont à notre portée ; les causes premières ou éloignées échappent à l'investigation du savant aussi bien dans les sciences des corps bruts que dans les sciences des corps vivants.

Or, pour connaître ces causes secondes des phénomènes,

de cause par rapport aux autres. Auparavant, on se créait, sur la nature des phénomènes, des idées purement spéculatives, c'est-à-dire qu'on imaginait des hypothèses représentées par des mots sur lesquels la scolastique établissait ensuite ses discussions absolument stériles.

Galilée est un des principaux promoteurs de la méthode expérimentale. Bacon a vulgarisé cette méthode, et l'a élevée au rang d'une véritable philosophie scientifique. Descartes est venu ensuite : il a dit également qu'il fallait mettre des faits à la place des mots, et fonder ses opinions sur l'observation et sur l'expérience. Enfin Newton a insisté sur ce point capital, qu'il fallait déduire les théories des faits, et non ramener les faits à des idées théoriques préconçues.

Dans la méthode expérimentale on doit donc toujours partir des faits; mais, bien qu'on s'appuie avant tout sur l'observation et sur l'expérience, il faut aussi faire usage de son esprit et raisonner sur les phénomènes. De sorte qu'il y a deux parts à faire dans la méthode expérimentale : d'un côté, l'art d'observer les faits dans des conditions exactes et bien déterminées; de l'autre, l'art d'appliquer le raisonnement à ces faits pour les rattacher à leurs conditions d'existence.

Il est, sans doute, fort difficile de bien observer les faits ; mais cependant le grand écueil de la méthode expérimentale n'est point là ; il réside surtout dans l'entraînement de l'esprit qui égare l'expérimentateur au delà de ce qu'il a vu. Une fois sur cette pente, le savant, bien qu'il s'appuie sur des faits exacts, en déduit des conséquences trop générales, qui deviennent de plus en plus incertaines à mesure qu'il s'éloigne de son point de départ. Il faut donc, pour éviter autant que possible cette erreur, ne marcher que de fait en fait, en n'avançant jamais une interprétation sans la soumettre aussitôt au critérium de l'expérience.

Parmi les savants et les philosophes, il en est qui ont péché par excès de raisonnement, d'autres par un excès contraire.

Parmi ceux qui, dans la science, ont donné une trop grande prédominance aux vues de l'esprit, quelques-uns, ainsi que nous venons de le dire, se sont bornés à tirer de leurs expériences, par une trop grande précipitation de jugement, des conséquences qu'elles ne renfermaient pas. Mais il en est d'autres aussi qui sont partis ouvertement d'idées à priori, auxquelles ils ont voulu ramener les faits d'observation et d'expérimentation qui justifiaient plus ou moins leurs idées, en écartant ceux qui ne concordaient pas avec elles.

Descartes, par exemple, en abordant l'étude des sciences expérimentales, y apporta les mêmes idées qui lui avaient si bien réussi en philosophie. Il fit de la physiologie comme il avait fait de la métaphysique ; il partit d'un principe philosophique pour y ramener les faits scientifiques, au lieu de partir des faits pour y rattacher à posteriori des idées qui n'en fussent en quelque sorte que la traduction. Il en résulte que Descartes, tout en tenant compte des expériences physiologiques connues de son temps, expose une physiologie de fantaisie et à peu près imaginaire.

L'école de la philosophie de la nature, qui régnait au commencement de ce siècle en Allemagne, et qui donnait à l'esprit une prédominance beaucoup trop grande dans l'interprétation des phénomènes de la nature, a engendré, par réaction, toute une génération de savants sceptiques et empiriques qui n'ont plus voulu entendre parler que des faits bruts. Les excès du raisonnement dans les sciences provoquèrent ainsi l'apparition de savants et d'expérimentateurs purement empiriques, qui ont voulu exclure tout raisonnement méthode expérimentale, et ne plus voir dans la science q accumulation de faits bruts, dont le seul assemblage mettre la signification en évidence.

En France, parmi les physiologistes et les médecin gendie a été un de ces expérimentateurs absolument riques. Il ne voulait mêler aucune trace de raisonnen l'observation ni à l'expérimentation; il faisait ses expér *pour voir* et sans idées arrêtées. D'après lui, les rais ments ne pouvaient que nous tromper ou nous égarer prétendait que les faits s'interprétaient d'eux-mêmes pa seul rapprochement. Pour exprimer l'état de son Magendie avait l'habitude de dire : « Quand j'expérime n'ai que des yeux et des oreilles, je n'ai point de cerve

Si l'on se demande maintenant quel genre d'influence vent avoir sur la marche de la science les diverses ma de procéder que nous venons d'indiquer, on verra que le et les autres sont nuisibles par leur excès.

Les hommes qui, partant des faits d'observation ou d'e mentation, en exagèrent les conséquences par une trop g généralisation, sont des créateurs de systèmes. Au fond d les systèmes on trouve en effet des observations ou des riences; mais le raisonnement, dépassant la limite de connus, a créé un système qui finit par s'écrouler devant tres expériences. C'est ainsi que nous voyons l'expérim tion et l'esprit de système se succéder alternativement d Galien jusqu'à nos jours. Après chaque grande découverte siologique, on a construit sur elle un système entier de cine, parce que telle est la tendance innée de l'esprit d loir tout expliquer d'un seul coup et avant de laisser le compléter son œuvre. Après la découverte de la circu du sang, après les expériences d'Aselli, de Pecquet, Graaf, etc., on a imaginé des systèmes médicaux qu ont eu successivement le même sort; ils ont disparu, qu'ils fussent fondés sur l'expérimentation, parce qu'ils av une base expérimentale trop étroite pour soutenir la d'hypothèses et de raisonnements qu'on avait échafaud elle. Broussais lui-même avait un système fondé sur la siologie; il prenait comme point de départ l'irritabil Glisson et de Brown. Mais ces faits, par une générali exagérée, étaient devenus aussi entre ses mains l'origine système; et ce système, comme tous ceux qui l'avaient cédé, n'a pu se soutenir qu'un temps très-court.

Maintenant, les expérimentateurs empiriques tombent l'excès contraire à celui des faiseurs de systèmes : ils ne ve pas aller au delà des faits, parce que, disent-ils, aussitôt va plus loin que le fait, on se trompe. Je me souviens, propos, d'une circonstance dans laquelle Magendie s'a publiquement de s'être trompé, parce que lui-même n pas encore été assez empirique. Voici le fait :

Magendie avait fait des expériences sur le suc pancréat et il avait constaté que ce liquide, qui ressemble à la s possédait la propriété de coaguler par la chaleur comm liquides albumineux. Il avait donc dit et écrit que le suc créatique est un liquide albumineux : rien ne paraissait simple. Je suis venu vingt ans après recommencer des riences sur le même sujet; j'ai constaté à mon tour ce qu vu Magendie, mais j'ai conclu autrement. Je reconnus q suc pancréatique coagulait lorsqu'on le chauffait; mais ce dant je montrai que cette coagulation n'était pas due l'albumine, car la matière coagulable du suc pancréa

aucoup d'autres caractères qui la différenciaient com-ent de cette substance. Je fis voir mes expériences à lie, et cela se passait précisément au moment où il aire une leçon dans cette chaire. Magendie exposa au le désaccord de nos expériences, et il ajouta : « Moi yais ne jamais aller au delà des résultats fournis par , j'ai cependant encore dépassé les limites du fait brut on expérience sur le suc pancréatique, et c'est pour e je me suis trompé. En effet, je n'avais vu qu'une seule c'est que le suc pancréatique coagule par la chaleur ; eu d'exprimer simplement ce résultat, j'ai dit : Le suc tique est un liquide albumineux. Si je m'étais con-e dire : Le suc pancréatique coagule par la chaleur, été inattaquable.

voyez combien ces sujets sont difficiles et délicats. mes qui veulent rester dans l'empirisme le plus com-t quelquefois encore, sans le savoir, plus loin que les e sera-ce donc si l'on se laisse au contraire entraîner nt au caprice de son imagination ? On tombera alors plus graves écarts, et l'on déduira de ses expériences équences qui ne seront plus du tout l'interprétation des faits.

udra-t-il conclure de ces critiques qu'on doive, dans la d'errer, rester dans l'empirisme expérimental le plus et se contenter d'accumuler des faits les uns à côté res ? Évidemment, non : il faut arriver aux théories qui constituent la science. Or, pour cela, il faut que l'esprit es faits et s'élance dans l'inconnu à l'aide de vues ou ctions hypothétiques ; seulement on devra sans cesse r à son aide la vérification expérimentale, à chaque pas fera en avant, de crainte que l'esprit ne s'égare, en t la réalité pour suivre les déductions de ses hypo-En un mot, la bonne science expérimentale ne peut se 'à l'aide du double concours des faits bien observés, résentent les matériaux scientifiques, et du raisonne-i les élabore, les interprète et les coordonne. La grande é, c'est de se maintenir dans la juste mesure des choses résente la vérité ; ce qui importe surtout, c'est de ra-les idées aux faits, et non les faits aux idées.

nger des excès du raisonnement devient d'autant plus qu'il s'applique à des sciences expérimentales moins es et qu'on raisonne sur un moins grand nombre de mesure que la physiologie et la médecine avancent, tions de systèmes deviennent de plus en plus difficiles, que les faits sont tellement nombreux et variés, que, s'appuyait sur l'un d'eux pour en faire le point de dé-un système, on en trouverait aussitôt un autre pour ire un système contraire. Aujourd'hui, la médecine s une période de transition qui la conduit à l'état de expérimentale. L'esprit expérimental est opposé à l'es-système en ce qu'il ne se hasarde à sortir des faits nt qu'il a l'expérience pour le guider.

ésumé, dans les sciences expérimentales, il faut : con-l'abord les faits empiriquement et en eux-mêmes, en aussi exactement que possible leurs conditions d'exis-invoquer ensuite le raisonnement qui les interprète et e entre eux. C'est dans cette seconde phase du travail fique que se trouve le passage dangereux ; pour ne pas dans l'erreur, il faut, je le rappelle, ne marcher que pas, et ne jamais risquer un raisonnement sans une nce pour le vérifier aussitôt. Le raisonnement ne contient pas l'erreur en lui-même ; on raisonne toujours logiquement. Mais la logique n'est pas le caractère absolu de la vérité ; et, si l'on a pu dire que la raison est le critérium suprême, en ce sens que tout ce qui est vrai est logique, on a le droit de répondre que tout ce qui est logique n'est pas nécessairement vrai : car les prémisses une fois admises, l'erreur est aussi logique que la vérité. En matière de sciences expérimentales, ce n'est donc pas dans le raisonnement lui-même qu'il faut chercher la cause de l'erreur, mais seulement dans son point de départ et dans les faits sur lesquels il s'appuie.

Quand on part de faits absolument connus, et par conséquent vrais, le raisonnement, c'est-à-dire la logique, conduit nécessairement à la vérité ; alors on n'a même pas besoin de vérification expérimentale. C'est le cas des mathématiques pures, dans lesquelles on raisonne sur des faits idéaux dont les conditions d'existence sont créées par l'esprit. Quand on applique l'analyse mathématique, c'est-à-dire la logique, à des faits généraux de physique, ce sont des faits si simples, qu'on peut encore les soumettre au raisonnement et se laisser jusqu'à un certain point guider par lui. Cependant, par cela seul que ces faits sont rattachés à des conditions d'existence placées en dehors de nous et que nous n'avons pas créées à notre gré, de manière à savoir exactement ce que nous y mettions, il faut de temps en temps, lorsqu'on poursuit l'analyse mathématique, faire des expériences pour savoir si cette analyse ne s'égare point. Mais, quand on arrive aux phénomènes physiologiques, c'est-à-dire aux phénomènes les plus complexes de tous, on doit sans cesse se défier du raisonnement ; il faut que l'expérience serve à restreindre cette tendance naturelle que nous avons à expliquer trop vite, et ramener constamment les conceptions logiques au contrôle des faits.

De tout ce que je viens de dire, il résulte donc que, dans la méthode expérimentale, on doit employer à la fois les faits et le raisonnement. Mais, comme vous le voyez, la difficulté n'est pas à vrai dire, de bien raisonner, elle consiste bien plutôt à ne pas trop raisonner, et surtout à asseoir solidement son raisonnement sur des faits bien analysés, bien positifs et aussi élémentaires que possible. Or, nous devons nous expliquer sur ces faits élémentaires beaucoup plus difficiles à obtenir dans la science des êtres vivants que dans la science des corps bruts, mais qui sont néanmoins, dans une science comme dans l'autre, les seuls éléments capables de nous donner l'explication des phénomènes complexes.

La science expérimentale est essentiellement analytique ; elle analyse les phénomènes complexes qui nous entourent, et veut remonter de faits en faits jusqu'au fait élémentaire ou primitif qui devient la cause de tous les autres : car toutes les circonstances d'un phénomène s'enchaînent et se relient entre elles dans des rapports de cause à effet. Mais que devons-nous entendre ici par ces mots *cause d'un phénomène ?*

Il faut d'abord bien savoir qu'il ne s'agit pas de la cause première des choses ; cette recherche n'est pas de notre domaine, les sciences expérimentales ne veulent et ne peuvent remonter qu'aux causes secondes ou prochaines des phénomènes. Elles seules sont à notre portée ; les causes premières ou éloignées échappent à l'investigation du savant aussi bien dans les sciences des corps bruts que dans les sciences des corps vivants.

Or, pour connaître ces causes secondes des phénomènes,

nous ne pouvons nous adresser qu'à la matière. C'est en elle qu'elles résident, et elles se manifestent à nous par les attributs ou les propriétés des corps. C'est donc dans l'étude des propriétés de la matière que nous devons chercher l'explication des phénomènes que nous observons autour de nous.

Le physicien et le chimiste ne remontent jamais à la cause première des choses; sans se préoccuper de la cause créatrice du fer, du cuivre et des divers corps minéraux, ils étudient les propriétés de ces corps, les modifications que leurs propriétés éprouvent dans diverses conditions, ainsi que les phénomènes qui en résultent. Eh bien, chez les êtres vivants, il faut chercher, de même, la cause des phénomènes, non en remontant à la cause créatrice ou première de la vie, mais simplement en étudiant les propriétés de la matière vivante. Évidemment les corps vivants sont des corps formés sous l'influence d'une force qui leur est spéciale, mais néanmoins tous les phénomènes qu'ils manifestent dérivent des propriétés de la matière qui les constitue, et notre recherche n'a pas besoin d'aller au delà.

L'observation et l'expérimentation sont beaucoup plus difficiles chez les êtres vivants que chez les corps bruts, parce que la matière vivante est très-délicate, et qu'elle agit dans des conditions tout à fait particulières que les corps bruts ne présentent point.

Dans l'étude des propriétés de toute matière, il y a deux choses à considérer : 1° la matière avec sa propriété innée et immuable dans des conditions données; 2° le milieu, c'est-à-dire les conditions extérieures à la matière qui agissent comme circonstance déterminante immédiate de ses manifestations, et qui sont en corrélation directe avec les formes diverses de ces manifestations.

L'objet spécial de la science expérimentale est de déterminer exactement les conditions des manifestations phénoménales de la matière, parce que c'est seulement en agissant sur ces conditions que nous pouvons nous rendre maîtres des phénomènes qui leur correspondent. Quand nous connaissons exactement les conditions d'existence d'un phénomène qui est à notre portée, nous pouvons, soit en empêchant ces conditions de se réaliser, soit en favorisant au contraire leur réunion, tantôt empêcher la manifestation du phénomène, et tantôt la provoquer. C'est en ce sens que la science expérimentale, ainsi que je me plais à le répéter, se rend maîtresse des phénomènes de la nature; elle n'en crée pas les lois, mais elle agit sur leurs conditions d'existence ou de manifestation.

Cette possibilité d'agir sur les phénomènes en modifiant les conditions dans lesquelles la matière manifeste ses propriétés, est un fait acquis depuis bien longtemps à l'égard des corps bruts; les brillantes applications de la physique et de la chimie en font foi. Mais la question est de savoir si l'on peut obtenir les mêmes résultats pour les corps vivants.

D'abord pouvons-nous modifier les phénomènes de la vie? et ensuite pouvons-nous arriver à la connaissance exacte des propriétés de la matière vivante et agir expérimentalement sur ces propriétés? Il est certain que nous pouvons agir sur les phénomènes de la vie, il n'est pas nécessaire d'en donner des preuves nouvelles; les faits de tous les jours le montrent suffisamment. Quand, par exemple, on empoisonne un animal, quand on administre un médicament à un homme, on détruit ou l'on modifie les phénomènes de la vie. Seulement jusqu'alors nous avons agi empiriquement. Lorsque la physiologie sera plus avancée et que nous aurons étudié les propriétés
de la matière vivante, nous aurons la connaissance sci
de ces diverses actions, nous pourrons les manier e
ger à notre gré.

Mais quelles sont les conditions d'activité de la m
vante ? sont-elles différentes ou analogues de celle
sident à l'activité de la matière brute ? On croyait
que les conditions physico-chimiques présidant aux
tations des propriétés de la matière brute étaient
aux manifestations des propriétés de la matière vi
animistes et les vitalistes avaient établi une opposition
un véritable antagonisme entre la force vitale et
physico-chimiques. Mais on sait aujourd'hui que c'
opinion absolument erronée, et que les manifestatio
ne peuvent se produire sans le concours des influe
sico-chimiques. Il y a plus : ces influences physico-
nécessaires au fonctionnement des propriétés de l
vivante sont les mêmes que celles qui président à la
tation des propriétés de la matière brute. Ces condit
d'un côté comme de l'autre, l'oxygène, la chaleur, l
l'électricité, etc. Dans ses belles recherches sur la re
et ensuite dans son travail sur la chaleur animale,
avec Laplace, a vu que le même gaz, l'oxygène, d'un c
tient la vie et la respiration chez les animaux, et
produit la calcination des métaux. Comparant l
tion du fer ou du mercure avec la respiration des
il montre que la présence de l'oxygène provoque
ces deux ordres de phénomènes, et que la soust
l'oxygène les fait cesser l'un et l'autre.

Lorsque nous voudrons modifier un phénomène
nous devrons donc nous y prendre de la même ma
s'il s'agissait d'un phénomène des corps bruts ; il fa
jours modifier d'une manière physico-chimique
dans lequel la matière manifeste ses propriétés,
matière soit brute ou vivante. Mais il y a une différ
faut signaler ici, c'est que les conditions d'existence
nomènes sont beaucoup plus complexes, et par c
beaucoup plus difficiles à atteindre dans les corps vi
dans les corps bruts.

Chez les végétaux et les animaux à sang froid, l
mènes chimiques, qui provoquent et entretiennent
festations vitales subissent, comme dans les corps
modifications dues à l'influence du chaud et du f
chez d'autres êtres vivants, comme chez l'homme e
maux à sang chaud, il semble exister une complète
dance entre les manifestations de la vie et les condi
miques extérieures. L'homme et les animaux à sa
auraient donc l'air de posséder une sorte de force vi
rieure qui lutterait contre les conditions physico-c
extérieures et se soustrairait à l'influence de toutes
riations. Il n'y a là cependant que des phénomènes
canismes plus complexes; les hommes et les anima
chaud n'ont pas des propriétés vitales d'une autre n
celles des animaux à sang froid. La différence tient s
ainsi que nous allons le voir, à ce que les éléments o
de ces deux catégories d'animaux n'agissent réelle
dans les mêmes conditions.

Pour arriver à connaître les phénomènes des or
vivants, ce n'est pas l'animal tout entier que nou
prendre pour objet direct de nos études; il faut le
rer dans les propriétés des éléments qui le constitu
ce rapport la physiologie ressemble encore aux autre

les. De même que la physique et la chimie arri-
analyse expérimentale, à trouver les éléments
s corps composés; de même, lorsqu'on veut con-
hénomènes de la vie, qui sont complexes, il faut
ans l'organisme, analyser les organes, les tissus,
squ'aux éléments organiques. C'est dans les élé-
iques que se trouve l'explication des phénomènes
omme c'est dans les éléments minéraux que se
ication des phénomènes des corps inorganiques.
'un animal respire, c'est une partie de son corps,
eul qui respire, le globule du sang; lorsqu'un
eut, ce n'est qu'un ou deux éléments qui agissent,
euse et l'élément musculaire; lorsqu'un animal
humeur, ce n'est encore qu'un seul élément qui
a cellule glandulaire. Par conséquent, pour com-
phénomènes physiologiques du corps vivant, il
re l'action de chacun de ces éléments et savoir
conditions ils manifestent leurs propriétés.
pplication de l'expérimentation analytique dans
ts et chez les êtres vivants est soumise aux mêmes
néraux; elle présente des difficultés fort inégales.
eut répéter une expérience ou provoquer l'ap-
n phénomène, il faut toujours se placer dans
conditions, car les manifestations des phéno-
nt avec les changements survenus dans les con-
ils se produisent. Or, pour se placer dans des
éterminées, il faut prendre des instruments qui
s renseigner à ce sujet : tels sont les instruments
ndiquer la température, le degré d'humidité, la
l'air, etc., etc.; en général les instruments dont
s physiciens et les chimistes pour se mettre dans
ances identiques faciles à reproduire.
d on veut déterminer les conditions qui président
tation des phénomènes vitaux chez les êtres vi-
suffit plus de prendre un baromètre, un thermo-
s les instruments propres à déceler les variations
eu cosmique ambiant; il faut pénétrer jusqu'à
rriver dans l'intérieur même de l'organisme, où
nt des conditions spéciales à l'être vivant et qu'on
eler des conditions physiologiques. L'observation
ait donc jamais pu nous permettre de pénétrer dans
des êtres vivants; il fallait absolument pour cela
expérimentation, et à une expérimentation très-
i nous permet d'étudier directement la matière
r en déduire les phénomènes de la vie.
éments, avons-nous dit, ne manifestent leurs pro-
utant qu'ils sont influencés par des conditions
miques déterminées. Seulement ce sont des con-
sico-chimiques qui résident dans l'intérieur de
est pourquoi j'ai été amené à dire qu'il faut con-
s les animaux, deux milieux : le *milieu intérieur*,
l se produisent les phénomènes intimes des élé-
niques, et le *milieu extérieur*, dans lequel vit l'être
. Pour les corps bruts, il n'y a qu'un milieu cos-
ur les corps vivants, au contraire, je viens de dire
a deux : le milieu général dans lequel est l'être
, et le milieu intérieur dans lequel vivent les élé-
milieu intérieur est un milieu composé à peu près
milieu extérieur, sauf qu'il est plus délicat et plus
. Il renferme, chez tous les êtres vivants, de l'eau,
des matières nutritives; mais, chez les animaux à
sang chaud seulement, ce milieu est disposé de façon à conserver sa chaleur nécessaire pour l'accomplissement des fonctions des éléments.

Eh bien, lorsqu'on examine un végétal ou un animal à sang froid, on voit que, si ce végétal s'engourdit pendant l'hiver, c'est parce que, sous l'influence du froid, les phénomènes physico-chimiques s'arrêtent dans son milieu intérieur; de sorte qu'il y a toujours un parallélisme complet entre les phénomènes de la vie du végétal et les phénomènes physico-chimiques qui se passent dans son milieu intérieur ou dans sa séve. Chez les animaux à sang froid, il y a également, pendant l'hiver, engourdissement des phénomènes de la vie, parce que le milieu intérieur se refroidit en même temps que le milieu extérieur. Au contraire, chez les animaux à sang chaud, les phénomènes de la vie ne s'interrompent pas pendant l'hiver, parce qu'il y a un mécanisme particulier qui les protége contre le froid et leur conserve une chaleur élevée. Les éléments organiques, abrités contre le froid, continuent à fonctionner activement, de la même façon que les plantes végètent dans une serre, parce qu'elles sont chauffées et placées à une température qui permet leur végétation.

Ainsi vous voyez quelles difficultés présente l'étude des phénomènes de la vie. Il faut aller les observer dans la profondeur des tissus, dans l'intérieur même des organes, car c'est là seulement que nous pouvons saisir les conditions des phénomènes qui se manifestent chez les êtres vivants.

Pour la médecine, c'est absolument la même chose que pour la physiologie. Quand une maladie existe, c'est à l'élément organique qu'il faut descendre pour la comprendre. Lorsqu'on administre un médicament, il n'agit que sur les tissus, sur les éléments; il n'agit qu'autant qu'il a pénétré dans leur milieu intérieur, c'est-à-dire dans le sang, et qu'il est allé se mettre en contact avec eux. Ce qui ajoute encore à la complexité des phénomènes, c'est que chaque élément a des agents spéciaux qui lui sont propres. Il en résulte qu'il faut faire en quelque sorte l'histoire de chaque élément constitutif d'un être vivant, si l'on veut avoir la conception des fonctions de son organisation totale. C'est pour cette raison qu'aujourd'hui l'histologie, ou anatomie générale, est une des bases absolument nécessaires de toutes ces études de physiologie générale et de médecine expérimentale.

Malgré cette complexité des phénomènes vitaux, dont j'ai essayé de vous donner une idée, la science nous apprend que ce ne sont là seulement des difficultés matérielles surmontables, que nous finirons, à force de persévérance, par définir et résoudre; nous pourrons alors modifier scientifiquement les phénomènes vitaux, comprendre le mécanisme des maladies, et interpréter le mode d'action des substances médicamenteuses.

Le médecin expérimentateur doit prétendre à reproduire à son gré les conditions morbides. Ce sera un grand progrès pour la physiologie pathologique d'arriver à la production artificielle des maladies; c'est la seule manière d'en bien étudier le mécanisme. Dans les sciences physico-chimiques, en chimie par exemple, on dit qu'on ne connaît bien un corps que lorsqu'on peut le recomposer. Eh bien, nous aussi nous ne connaîtrons complétement les maladies que lorsque nous pourrons les reproduire sur des animaux, parce qu'alors seulement nous connaîtrons les conditions dans lesquelles elles prennent naissance. Les sciences ne procèdent que par l'analyse et la synthèse, qui est la contre-épreuve de l'analyse.

de cause par rapport aux autres. Auparavant, on se créait, sur la nature des phénomènes, des idées purement spéculatives, c'est-à-dire qu'on imaginait des hypothèses représentées par des mots sur lesquels la scolastique établissait ensuite ses discussions absolument stériles.

Galilée est un des principaux promoteurs de la méthode expérimentale. Bacon a vulgarisé cette méthode, et l'a élevée au rang d'une véritable philosophie scientifique. Descartes est venu ensuite : il a dit également qu'il fallait mettre des faits à la place des mots, et fonder ses opinions sur l'observation et sur l'expérience. Enfin Newton a insisté sur ce point capital, qu'il fallait déduire les théories des faits, et non ramener les faits à des idées théoriques préconçues.

Dans la méthode expérimentale on doit donc toujours partir des faits; mais, bien qu'on s'appuie avant tout sur l'observation et sur l'expérience, il faut aussi faire usage de son esprit et raisonner sur les phénomènes. De sorte qu'il y a deux parts à faire dans la méthode expérimentale : d'un côté, l'art d'observer les faits dans des conditions exactes et bien déterminées; de l'autre, l'art d'appliquer le raisonnement à ces faits pour les rattacher à leurs conditions d'existence.

Il est, sans doute, fort difficile de bien observer les faits ; mais cependant le grand écueil de la méthode expérimentale n'est point là ; il réside surtout dans l'entraînement de l'esprit qui égare l'expérimentateur au delà de ce qu'il a vu. Une fois sur cette pente, le savant, bien qu'il s'appuie sur des faits exacts, en déduit des conséquences trop générales, qui deviennent de plus en plus incertaines à mesure qu'il s'éloigne de son point de départ. Il faut donc, pour éviter autant que possible cette erreur, ne marcher que de fait en fait, en n'avançant jamais une interprétation sans la soumettre aussitôt au critérium de l'expérience.

Parmi les savants et les philosophes, il en est qui ont péché par excès de raisonnement, d'autres par un excès contraire.

Parmi ceux qui, dans la science, ont donné une trop grande prédominance aux vues de l'esprit, quelques-uns, ainsi que nous venons de le dire, se sont bornés à tirer de leurs expériences, par une trop grande précipitation de jugement, des conséquences qu'elles ne renfermaient pas. Mais il en est d'autres aussi qui sont partis ouvertement d'idées à priori, auxquelles ils ont voulu ramener les faits d'observation et d'expérimentation qui justifiaient plus ou moins leurs idées, en écartant ceux qui ne concordaient pas avec elles.

Descartes, par exemple, en abordant l'étude des sciences expérimentales, y apporta les mêmes idées qui lui avaient si bien réussi en philosophie. Il fit de la physiologie comme il avait fait de la métaphysique ; il partit d'un principe philosophique pour y ramener les faits scientifiques, au lieu de partir des faits pour y rattacher à posteriori des idées qui n'en fussent en quelque sorte que la traduction. Il en résulte que Descartes, tout en tenant compte des expériences physiologiques connues de son temps, expose une physiologie de fantaisie et à peu près imaginaire.

L'école de la philosophie de la nature, qui régnait au commencement de ce siècle en Allemagne, et qui donnait à l'esprit une prédominance beaucoup trop grande dans l'interprétation des phénomènes de la nature, a engendré, par réaction, toute une génération de savants sceptiques et empiriques qui n'ont plus voulu entendre parler que des faits bruts. Les excès du raisonnement dans les sciences provoquèrent ainsi l'apparition de savants et d'expérimentateurs purement empiriques, qui ont voulu exclure tout raisonnement de la méthode expérimentale, et ne plus voir dans la science qu'une accumulation de faits bruts, dont le seul assemblage devait mettre la signification en évidence.

En France, parmi les physiologistes et les médecins, Magendie a été un de ces expérimentateurs absolument empiriques. Il ne voulait mêler aucune trace de raisonnement à l'observation ni à l'expérimentation; il faisait ses expériences *pour voir* et sans idées arrêtées. D'après lui, les raisonnements ne pouvaient que nous tromper ou nous égarer, et il prétendait que les faits s'interprétaient d'eux-mêmes par leur seul rapprochement. Pour exprimer l'état de son esprit, Magendie avait l'habitude de dire : « Quand j'expérimente, je n'ai que des yeux et des oreilles, je n'ai point de cerveau. »

Si l'on se demande maintenant quel genre d'influence peuvent avoir sur la marche de la science les diverses manières de procéder que nous venons d'indiquer, on verra que les unes et les autres sont nuisibles par leur excès.

Les hommes qui, partant des faits d'observation ou d'expérimentation, en exagèrent les conséquences par une trop grande généralisation, sont des créateurs de systèmes. Au fond de tous les systèmes on trouve en effet des observations ou des expériences; mais le raisonnement, dépassant la limite des faits connus, a créé un système qui finit par s'écrouler devant d'autres expériences. C'est ainsi que nous voyons l'expérimentation et l'esprit de système se succéder alternativement depuis Galien jusqu'à nos jours. Après chaque grande découverte physiologique, on a construit sur elle un système entier de médecine, parce que telle est la tendance innée de l'esprit de vouloir tout expliquer d'un seul coup et avant de laisser le temps compléter son œuvre. Après la découverte de la circulation du sang, après les expériences d'Aselli, de Pecquet, de de Graaf, etc., on a imaginé des systèmes médicaux qui tous ont eu successivement le même sort; ils ont disparu, bien qu'ils fussent fondés sur l'expérimentation, parce qu'ils avaient une base expérimentale trop étroite pour soutenir la masse d'hypothèses et de raisonnements qu'on avait échafaudés sur elle. Broussais lui-même avait un système fondé sur la physiologie; il prenait comme point de départ l'irritabilité de Glisson et de Brown. Mais ces faits, par une généralisation exagérée, étaient devenus aussi entre ses mains l'origine d'un système; et ce système, comme tous ceux qui l'avaient précédé, n'a pu se soutenir qu'un temps très-court.

Maintenant, les expérimentateurs empiriques tombent dans l'excès contraire à celui des faiseurs de systèmes : ils ne veulent pas aller au delà des faits, parce que, disent-ils, aussitôt qu'on va plus loin que le fait, on se trompe. Je me souviens, à ce propos, d'une circonstance dans laquelle Magendie s'accusa publiquement de s'être trompé, parce que lui-même n'avait pas encore été assez empirique. Voici le fait :

Magendie avait fait des expériences sur le suc pancréatique, et il avait constaté que ce liquide, qui ressemble à la salive, possédait la propriété de coaguler par la chaleur comme les liquides albumineux. Il avait donc dit et écrit que le suc pancréatique est un liquide albumineux : rien ne paraissait plus simple. Je suis venu vingt ans après recommencer des expériences sur le même sujet; j'ai constaté à mon tour ce qu'avait vu Magendie, mais j'ai conclu autrement. Je reconnus que le suc pancréatique coagulait lorsqu'on le chauffait; mais cependant je montrai que cette coagulation n'était pas due à de l'albumine, car la matière coagulable du suc pancréatique

ieaucoup d'autres caractères qui la différenciaient com-
nent de cette substance. Je fis voir mes expériences à
idie, et cela se passait précisément au moment où il
faire une leçon dans cette chaire. Magendie exposa au
le désaccord de nos expériences, et il ajouta : « Moi
royais ne jamais aller au delà des résultats fournis par
is, j'ai cependant encore dépassé les limites du fait brut
mon expérience sur le suc pancréatique, et c'est pour
ue je me suis trompé. En effet, je n'avais vu qu'une seule
, c'est que le suc pancréatique coagule par la chaleur ;
lieu d'exprimer simplement ce résultat, j'ai dit : Le suc
éatique est un liquide albumineux. Si je m'étais con-
de dire : Le suc pancréatique coagule par la chaleur,
is été inattaquable.
s voyez combien ces sujets sont difficiles et délicats.
mêmes qui veulent rester dans l'empirisme le plus com-
ont quelquefois encore, sans le savoir, plus loin que les
Que sera-ce donc si l'on se laisse au contraire entraîner
ient au caprice de son imagination ? On tombera alors
es plus graves écarts, et l'on déduira de ses expériences
nséquences qui ne seront plus du tout l'interprétation
ne des faits.
faudra-t-il conclure de ces critiques qu'on doive, dans la
e d'errer, rester dans l'empirisme expérimental le plus
, et se contenter d'accumuler des faits les uns à côté
tres ? Évidemment, non : il faut arriver aux théories qui
constituent la science. Or, pour cela, il faut que l'esprit
les faits et s'élance dans l'inconnu à l'aide de vues ou
ctions hypothétiques ; seulement on devra sans cesse
r à son aide la vérification expérimentale, à chaque pas
fera en avant, de crainte que l'esprit ne s'égare, en
nt la réalité pour suivre les déductions de ses hypo-
. En un mot, la bonne science expérimentale ne peut se
qu'à l'aide du double concours des faits bien observés,
eprésentent les matériaux scientifiques, et du raisonne-
qui les élabore, les interprète et les coordonne. La grande
lté, c'est de se maintenir dans la juste mesure des choses
présente la vérité ; ce qui importe surtout, c'est de ra-
les idées aux faits, et non les faits aux idées.
anger des excès du raisonnement devient d'autant plus
, qu'il s'applique à des sciences expérimentales moins
ées et qu'on raisonne sur un moins grand nombre de
. mesure que la physiologie et la médecine avancent,
ations de systèmes deviennent de plus en plus difficiles,
que les faits sont tellement nombreux et variés, que,
s'appuyait sur l'un d'eux pour en faire le point de dé-
'un système, on en trouverait aussitôt un autre pour
uire un système contraire. Aujourd'hui, la médecine
ns une période de transition qui la conduit à l'état de
e expérimentale. L'esprit expérimental est opposé à l'es-
système en ce qu'il ne se hasarde à sortir des faits
tant qu'il a l'expérience pour le guider.
résumé, dans les sciences expérimentales, il faut : con-
d'abord les faits empiriquement et en eux-mêmes, en
aussi exactement que possible leurs conditions d'exis-
; invoquer ensuite le raisonnement qui les interprète et
ie entre eux. C'est dans cette seconde phase du travail
ifique que se trouve le passage dangereux ; pour ne pas
dans l'erreur, il faut, je le rappelle, ne marcher que
pas, et ne jamais risquer un raisonnement sans une
ence pour le vérifier aussitôt. Le raisonnement ne contient pas l'erreur en lui-même ; on raisonne toujours logiquement. Mais la logique n'est pas le caractère absolu de la vérité ; et, si l'on a pu dire que la raison est le critérium suprême, en ce sens que tout ce qui est vrai est logique, on a le droit de répondre que tout ce qui est logique n'est pas nécessairement vrai : car les prémisses une fois admises, l'erreur est aussi logique que la vérité. En matière de sciences expérimentales, ce n'est donc pas dans le raisonnement lui-même qu'il faut chercher la cause de l'erreur, mais seulement dans son point de départ et dans les faits sur lesquels il s'appuie.

Quand on part de faits absolument connus, et par conséquent vrais, le raisonnement, c'est-à-dire la logique, conduit nécessairement à la vérité ; alors on n'a même pas besoin de vérification expérimentale. C'est le cas des mathématiques pures, dans lesquelles on raisonne sur des faits idéaux dont les conditions d'existence sont créées par l'esprit. Quand on applique l'analyse mathématique, c'est-à-dire la logique, à des faits généraux de physique, ce sont des faits si simples, qu'on peut encore les soumettre au raisonnement et se laisser jusqu'à un certain point guider par lui. Cependant, par cela seul que ces faits sont rattachés à des conditions d'existence placées en dehors de nous et que nous n'avons pas créées à notre gré, de manière à savoir exactement ce que nous y mettions, il faut de temps en temps, lorsqu'on poursuit l'analyse mathématique, faire des expériences pour savoir si cette analyse ne s'égare point. Mais, quand on arrive aux phénomènes physiologiques, c'est-à-dire aux phénomènes les plus complexes de tous, on doit sans cesse se défier du raisonnement ; il faut que l'expérience serve à restreindre cette tendance naturelle que nous avons à expliquer trop vite, et ramener constamment les conceptions logiques au contrôle des faits.

De tout ce que je viens de dire, il résulte donc que, dans la méthode expérimentale, on doit employer à la fois les faits et le raisonnement. Mais, comme vous le voyez, la difficulté n'est pas à vrai dire, de bien raisonner, elle consiste bien plutôt à ne pas trop raisonner, et surtout à asseoir solidement son raisonnement sur des faits bien analysés, bien positifs et aussi élémentaires que possible. Or, nous devons nous expliquer sur ces faits élémentaires beaucoup plus difficiles à obtenir dans la science des êtres vivants que dans la science des corps bruts, mais qui sont néanmoins, dans une science comme dans l'autre, les seuls éléments capables de nous donner l'explication des phénomènes complexes.

La science expérimentale est essentiellement analytique ; elle analyse les phénomènes complexes qui nous entourent, et veut remonter de faits en faits jusqu'au fait élémentaire ou primitif qui devient la cause de tous les autres : car toutes les circonstances d'un phénomène s'enchaînent et se relient entre elles dans des rapports de cause à effet. Mais que devons-nous entendre ici par ces mots *cause d'un phénomène ?*

Il faut d'abord bien savoir qu'il ne s'agit pas de la cause première des choses ; cette recherche n'est pas de notre domaine, les sciences expérimentales ne veulent et ne peuvent remonter qu'aux causes secondes ou prochaines des phénomènes. Elles seules sont à notre portée ; les causes premières ou éloignées échappent à l'investigation du savant aussi bien dans les sciences des corps bruts que dans les sciences des corps vivants.

Or, pour connaître ces causes secondes des phénomènes,

nous ne pouvons nous adresser qu'à la matière. C'est en elle qu'elles résident, et elles se manifestent à nous par les attributs ou les propriétés des corps. C'est donc dans l'étude des propriétés de la matière que nous devons chercher l'explication des phénomènes que nous observons autour de nous.

Le physicien et le chimiste ne remontent jamais à la cause première des choses; sans se préoccuper de la cause créatrice du fer, du cuivre et des divers corps minéraux, ils étudient les propriétés de ces corps, les modifications que leurs propriétés éprouvent dans diverses conditions, ainsi que les phénomènes qui en résultent. Eh bien, chez les êtres vivants, il faut chercher, de même, la cause des phénomènes, non en remontant à la cause créatrice ou première de la vie, mais simplement en étudiant les propriétés de la matière vivante. Évidemment les corps vivants sont des corps formés sous l'influence d'une force qui leur est spéciale, mais néanmoins tous les phénomènes qu'ils manifestent dérivent des propriétés de la matière qui les constitue, et notre recherche n'a pas besoin d'aller au delà.

L'observation et l'expérimentation sont beaucoup plus difficiles chez les êtres vivants que chez les corps bruts, parce que la matière vivante est très-délicate, et qu'elle agit dans des conditions tout à fait particulières que les corps bruts ne présentent point.

Dans l'étude des propriétés de toute matière, il y a deux choses à considérer : 1° la matière avec sa propriété innée et immuable dans des conditions données; 2° le milieu, c'est-à-dire les conditions extérieures à la matière qui agissent comme circonstance déterminante immédiate de ses manifestations, et qui sont en corrélation directe avec les formes diverses de ces manifestations.

L'objet spécial de la science expérimentale est de déterminer exactement les conditions des manifestations phénoménales de la matière, parce que c'est seulement en agissant sur ces conditions que nous pouvons nous rendre maîtres des phénomènes qui leur correspondent. Quand nous connaissons exactement les conditions d'existence d'un phénomène qui est à notre portée, nous pouvons, soit en empêchant ces conditions de se réaliser, soit en favorisant au contraire leur réunion, tantôt empêcher la manifestation du phénomène, et tantôt la provoquer. C'est en ce sens que la science expérimentale, ainsi que je me plais à le répéter, se rend maîtresse des phénomènes de la nature; elle n'en crée pas les lois, mais elle agit sur leurs conditions d'existence ou de manifestation.

Cette possibilité d'agir sur les phénomènes en modifiant les conditions dans lesquelles la matière manifeste ses propriétés, est un fait acquis depuis bien longtemps à l'égard des corps bruts; les brillantes applications de la physique et de la chimie en font foi. Mais la question est de savoir si l'on peut obtenir les mêmes résultats pour les corps vivants.

D'abord pouvons-nous modifier les phénomènes de la vie? et ensuite pouvons-nous arriver à la connaissance exacte des propriétés de la matière vivante et agir expérimentalement sur ces propriétés? Il est certain que nous pouvons agir sur les phénomènes de la vie, il n'est pas nécessaire d'en donner des preuves nouvelles; les faits de tous les jours le montrent suffisamment. Quand, par exemple, on empoisonne un animal, quand on administre un médicament à un homme, on détruit ou l'on modifie les phénomènes de la vie. Seulement jusqu'alors nous avons agi empiriquement. Lorsque la physiologie sera plus avancée et que nous aurons étudié les propriétés de la matière vivante, nous aurons la connaissance scientifique de ces diverses actions, nous pourrons les manier et les diriger à notre gré.

Mais quelles sont les conditions d'activité de la matière vivante ? sont-elles différentes ou analogues de celles qui président à l'activité de la matière brute ? On croyait autrefois que les conditions physico-chimiques présidant aux manifestations des propriétés de la matière brute étaient contraires aux manifestations des propriétés de la matière vivante; les animistes et les vitalistes avaient établi une opposition complète, un véritable antagonisme entre la force vitale et les forces physico-chimiques. Mais on sait aujourd'hui que c'est là une opinion absolument erronée, et que les manifestations vitales ne peuvent se produire sans le concours des influences physico-chimiques. Il y a plus : ces influences physico-chimiques nécessaires au fonctionnement des propriétés de la matière vivante sont les mêmes que celles qui président à la manifestation des propriétés de la matière brute. Ces conditions sont, d'un côté comme de l'autre, l'oxygène, la chaleur, la lumière, l'électricité, etc. Dans ses belles recherches sur la respiration, et ensuite dans son travail sur la chaleur animale, Lavoisier, avec Laplace, a vu que le même gaz, l'oxygène, d'un côté entretient la vie et la respiration chez les animaux, et de l'autre produit la calcination des métaux. Comparant la calcination du fer ou du mercure avec la respiration des animaux, il montre que la présence de l'oxygène provoque également ces deux ordres de phénomènes, et que la soustraction de l'oxygène les fait cesser l'un et l'autre.

Lorsque nous voudrons modifier un phénomène de la vie, nous devrons donc nous y prendre de la même manière que s'il s'agissait d'un phénomène des corps bruts; il faudra toujours modifier d'une manière physico-chimique le milieu dans lequel la matière manifeste ses propriétés, que cette matière soit brute ou vivante. Mais il y a une différence qu'il faut signaler ici, c'est que les conditions d'existence des phénomènes sont beaucoup plus complexes, et par conséquent beaucoup plus difficiles à atteindre dans les corps vivants que dans les corps bruts.

Chez les végétaux et les animaux à sang froid, les phénomènes chimiques, qui provoquent et entretiennent les manifestations vitales subissent, comme dans les corps bruts, des modifications dues à l'influence du chaud et du froid. Mais chez d'autres êtres vivants, comme chez l'homme et les animaux à sang chaud, il semble exister une complète indépendance entre les manifestations de la vie et les conditions cosmiques extérieures. L'homme et les animaux à sang chaud auraient donc l'air de posséder une sorte de force vitale intérieure qui lutterait contre les conditions physico-chimiques extérieures et se soustrairait à l'influence de toutes leurs variations. Il n'y a là cependant que des phénomènes avec mécanismes plus complexes; les hommes et les animaux à sang chaud n'ont pas des propriétés vitales d'une autre nature que celles des animaux à sang froid. La différence tient seulement, ainsi que nous allons le voir, à ce que les éléments organiques de ces deux catégories d'animaux n'agissent réellement pas dans les mêmes conditions.

Pour arriver à connaître les phénomènes des organismes vivants, ce n'est pas l'animal tout entier que nous devons prendre pour objet direct de nos études; il faut le considérer dans les propriétés des éléments qui le constituent. Sous ce rapport la physiologie ressemble encore aux autres sciences

entales. De même que la physique et la chimie arri- r l'analyse expérimentale, à trouver les éléments x des corps composés; de même, lorsqu'on veut con- es phénomènes de la vie, qui sont complexes, il faut re dans l'organisme, analyser les organes, les tissus, r jusqu'aux éléments organiques. C'est dans les élé- rganiques que se trouve l'explication des phénomènes e, comme c'est dans les éléments minéraux que se explication des phénomènes des corps inorganiques. rsqu'un animal respire, c'est une partie de son corps, ent seul qui respire, le globule du sang; lorsqu'un e meut, ce n'est qu'un ou deux éléments qui agissent, nerveuse et l'élément musculaire; lorsqu'un animal une humeur, ce n'est encore qu'un seul élément qui ne, la cellule glandulaire. Par conséquent, pour com- les phénomènes physiologiques du corps vivant, il naître l'action de chacun de ces éléments et savoir elles conditions ils manifestent leurs propriétés.

si l'application de l'expérimentation analytique dans bruts et chez les êtres vivants est soumise aux mêmes s généraux; elle présente des difficultés fort inégales. on veut répéter une expérience ou provoquer l'ap- d'un phénomène, il faut toujours se placer dans nes conditions, car les manifestations des phéno- arient avec les changements survenus dans les con- où ils se produisent. Or, pour se placer dans des ns déterminées, il faut prendre des instruments qui nous renseigner à ce sujet : tels sont les instruments à indiquer la température, le degré d'humidité, la de l'air, etc., etc.; en général les instruments dont nt les physiciens et les chimistes pour se mettre dans onstances identiques faciles à reproduire.

uand on veut déterminer les conditions qui président nifestation des phénomènes vitaux chez les êtres vi- l ne suffit plus de prendre un baromètre, un thermo- t tous les instruments propres à déceler les variations milieu cosmique ambiant; il faut pénétrer jusqu'à t, arriver dans l'intérieur même de l'organisme, où ntrent des conditions spéciales à l'être vivant et qu'on appeler des conditions physiologiques. L'observation 'aurait donc jamais pu nous permettre de pénétrer dans me des êtres vivants; il fallait absolument pour cela à l'expérimentation, et à une expérimentation très- qui nous permet d'étudier directement la matière pour en déduire les phénomènes de la vie.

s éléments, avons-nous dit, ne manifestent leurs pro- qu'autant qu'ils sont influencés par des conditions chimiques déterminées. Seulement ce sont des con- physico-chimiques qui résident dans l'intérieur de . C'est pourquoi j'ai été amené à dire qu'il faut con- dans les animaux, deux milieux : le *milieu intérieur*, uel se produisent les phénomènes intimes des élé- rganiques, et le *milieu extérieur*, dans lequel vit l'être er. Pour les corps bruts, il n'y a qu'un milieu cos- pour les corps vivants, au contraire, je viens de dire en a deux : le milieu général dans lequel est l'être er, et le milieu intérieur dans lequel vivent les élé- Ce milieu intérieur est un milieu composé à peu près le milieu extérieur, sauf qu'il est plus délicat et plus e. Il renferme, chez tous les êtres vivants, de l'eau, des matières nutritives; mais, chez les animaux à sang chaud seulement, ce milieu est disposé de façon à conserver sa chaleur nécessaire pour l'accomplissement des fonctions des éléments.

Eh bien, lorsqu'on examine un végétal ou un animal à sang froid, on voit que, si ce végétal s'engourdit pendant l'hiver, c'est parce que, sous l'influence du froid, les phénomènes physico-chimiques s'arrêtent dans son milieu intérieur; de sorte qu'il y a toujours un parallélisme complet entre les phénomènes de la vie du végétal et les phénomènes physico-chimiques qui se passent dans son milieu intérieur ou dans sa séve. Chez les animaux à sang froid, il y a également, pendant l'hiver, engourdissement des phénomènes de la vie, parce que le milieu intérieur se refroidit en même temps que le milieu extérieur. Au contraire, chez les animaux à sang chaud, les phénomènes de la vie ne s'interrompent pas pendant l'hiver, parce qu'il y a un mécanisme particulier qui les protége contre le froid et leur conserve une chaleur élevée. Les éléments organiques, abrités contre le froid, continuent à fonctionner activement, de la même façon que les plantes végètent dans une serre, parce qu'elles sont chauffées et placées à une température qui permet leur végétation.

Ainsi vous voyez quelles difficultés présente l'étude des phénomènes de la vie. Il faut aller les observer dans la profondeur des tissus, dans l'intérieur même des organes, car c'est là seulement que nous pouvons saisir les conditions des phénomènes qui se manifestent chez les êtres vivants.

Pour la médecine, c'est absolument la même chose que pour la physiologie. Quand une maladie existe, c'est à l'élément organique qu'il faut descendre pour la comprendre. Lorsqu'on administre un médicament, il n'agit que sur les tissus, sur les éléments; il n'agit qu'autant qu'il a pénétré dans leur milieu intérieur, c'est-à-dire dans le sang, et qu'il est allé se mettre en contact avec eux. Ce qui ajoute encore à la complexité des phénomènes, c'est que chaque élément a des agents spéciaux qui lui sont propres. Il en résulte qu'il faut faire en quelque sorte l'histoire de chaque élément constitutif d'un être vivant, si l'on veut avoir la conception des fonctions de son organisation totale. C'est pour cette raison qu'aujourd'hui l'histologie, ou anatomie générale, est une des bases absolument nécessaires de toutes ces études de physiologie générale et de médecine expérimentale.

Malgré cette complexité des phénomènes vitaux, dont j'ai essayé de vous donner une idée, la science nous apprend que ce ne sont là seulement des difficultés matérielles surmontables, que nous finirons, à force de persévérance, par définir et résoudre; nous pourrons alors modifier scientifiquement les phénomènes vitaux, comprendre le mécanisme des maladies, et interpréter le mode d'action des substances médicamenteuses.

Le médecin expérimentateur doit prétendre à reproduire à son gré les conditions morbides. Ce sera un grand progrès pour la physiologie pathologique d'arriver à la production artificielle des maladies; c'est la seule manière d'en bien étudier le mécanisme. Dans les sciences physico-chimiques, en chimie par exemple, on dit qu'on ne connaît bien un corps que lorsqu'on peut le recomposer. Eh bien, nous aussi nous ne connaîtrons complétement les maladies que lorsque nous pourrons les reproduire sur des animaux, parce qu'alors seulement nous connaîtrons les conditions dans lesquelles elles prennent naissance. Les sciences ne procèdent que par l'analyse et la synthèse, qui est la contre-épreuve de l'analyse.

La médecine expérimentale est donc véritablement une science expérimentale; mais elle est bien certainement la plus complexe et la plus difficile de toutes, à cause de la variété des phénomènes qu'elle nous offre et des obstacles sans nombre que présente leur étude. Il y a en outre, dans la médecine expérimentale, trois ordres de faits qu'on ne doit jamais perdre de vue et dont il faut toujours chercher à établir le rapport. Ce sont les phénomènes physiologiques, pathologiques et thérapeutiques. Ces phénomènes dérivent toujours d'une même source, les propriétés des éléments histologiques; leurs conditions de production seules sont différentes, et au fond il n'y a qu'une loi vitale unique pour tous ces phénomènes.

Finalement, vous savez maintenant que, lorsque nous voudrons agir d'une manière quelconque sur les phénomènes de la vie, nous devrons modifier les conditions dans lesquelles se manifestent les phénomènes chez les êtres vivants. Vous savez de plus que, lorsque nous voudrons reproduire identiquement une même action, un même effet, nous devrons toujours nous placer exactement dans les mêmes conditions.

Mais il y a un point sur lequel je dois revenir et insister en terminant, c'est l'instabilité et la mobilité extrêmes des propriétés de la matière vivante; ce qui rend souvent très-difficile de retrouver rigoureusement les mêmes conditions physiologiques. Sans doute les propriétés vitales, considérées en elles-mêmes, sont bien le produit d'une force spéciale qu'on pourrait appeler, si vous voulez, la force vitale; mais cette force vitale ne serait que la cause formatrice ou organisatrice des corps vivants, car, une fois cette organisation donnée, la matière vivante fonctionne uniquement en vertu de ses propriétés innées et déterminées. Dès lors, puisque ces propriétés sont déterminables, elles peuvent être étudiées et atteintes par nos agents modificateurs comme les propriétés des corps bruts. Mais il y a cependant entre elles, je le répète, une différence dont il est très-important de tenir compte dans l'expérimentation : c'est que les propriétés de la matière vivante sont extrêmement altérables et fugaces; elles disparaissent en quelques instants, surtout chez les animaux à sang chaud. Ainsi, un muscle, un nerf, une glande, un élément du sang, par exemple, sont doués de propriétés vitales en rapport avec leurs fonctions; mais ils ne peuvent les conserver qu'à la condition de rester dans l'organisme. Par conséquent, lorsqu'on veut étudier ces propriétés, il faut le faire immédiatement et aussitôt que les éléments sont séparés de leurs conditions nutritives ordinaires, parce qu'au bout d'un temps très-court ces éléments peuvent se modifier d'une manière considérable et ne plus fournir les manifestations de leurs propriétés sous l'influence des excitants qui les déterminent d'ordinaire.

En un mot, on doit toujours opérer sur un animal vivant, ou au moins immédiatement après la mort, avant que les éléments organiques aient eu le temps de modifier ou de perdre leurs propriétés vitales. C'est là un point très-important qu'il ne faut jamais perdre de vue dans les études de physiologie ou de médecine expérimentale.

On fait, vous le savez, des autopsies dans les hôpitaux pour rechercher les causes des maladies; mais, en général, ces autopsies ne sauraient rien nous apprendre de positif sous ce rapport. Les lésions pathologiques observées après la mort peuvent, dans certains cas, indiquer quel est l'organe qui a été atteint; mais elles n'expliquent pas la cause immédiate de la mort.

En effet, l'altération pathologique n'est pas survenue brusquement; quelques heures avant la mort, elle était sans doute la même qu'au moment de la cessation de la vie. Or, pourquoi ce malade est-il mort à un moment plutôt qu'à un autre, puisque la lésion pathologique devait être à peu près identique avant et après ce moment. La mort est survenue parce qu'à un certain moment, il y a un élément organique donné qui a perdu ses propriétés, et, par conséquent, ses fonctions. La disparition des fonctions de cet élément a ensuite amené une dislocation des autres fonctions de l'organisme. Donc, si nous voulons savoir quel est le mécanisme réel de la mort, il faut que nous arrivions à connaître quel est l'élément qui, le premier, a cessé de fonctionner, et sous l'influence de quelles conditions il a perdu ses propriétés. C'est là seulement que se trouve l'explication de la cause de la mort.

Or, il arrive souvent, et le plus souvent même, que les causes réelles de la mort ne produisent aucune lésion pathologique qu'on puisse reconnaître sur les organes après la mort. Dans ce cas, l'autopsie cadavérique n'apprendra donc absolument rien, mais il en sera tout autrement de l'autopsie physiologique. Quand nous empoisonnons un animal, par exemple, par le curare, si nous faisions l'autopsie vingt-quatre heures après, nous ne trouverions aucune lésion cadavérique capable de nous expliquer la mort. Mais en pratiquant l'autopsie tout de suite, on comprend très-bien la cause de la mort en étudiant tous les éléments organiques dans leurs propriétés; on trouve, en effet, qu'un élément important, la fibre nerveuse motrice, a perdu la propriété d'exciter les muscles. Ce fait nous rend parfaitement compte de la mort. Que résulte-t-il, en effet, de la destruction des nerfs moteurs? C'est que tous les mouvements cessent. Or, il y a des mouvements qui sont indispensables à la vie; les mouvements respiratoires sont dans ce cas. Leur cessation amène l'asphyxie, et, par suite, la mort successive de tous les autres éléments organiques qui ne reçoivent plus l'influence vivifiante du sang oxygéné.

Puisque, chez l'animal empoisonné, nous comprenons ainsi, grâce à une autopsie exécutée immédiatement, le mécanisme de la mort, que nous n'aurions pu deviner si nous avions pratiqué l'autopsie vingt-quatre heures après l'empoisonnement, il faudrait de même, chez les malades, pouvoir faire aussi des autopsies physiologiques au moment de la mort. Quand un homme meurt, l'organisme ne périt jamais tout entier à la fois. C'est un ou plusieurs éléments qui meurent d'abord et entraînent ensuite la mort des autres. Pour connaître le mécanisme de la mort, il faudrait ici encore savoir quel est l'élément qui a perdu le premier ses propriétés; et, pour cela, je le répète, il faudrait faire l'autopsie immédiatement après la mort. Si ces autopsies ne sont pas permises sur l'homme, elles peuvent être pratiquées sur les animaux chez lesquels nous aurons fait naître des maladies; c'est, par conséquent, le mode d'opérer qu'il faudra suivre dans nos études de médecine expérimentale.

Pour étudier, dans des autopsies physiologiques extemporanées, les propriétés si fugaces des tissus et des éléments organiques vivants, il faut, on le comprend, qu'un laboratoire de médecine expérimentale soit installé d'une certaine façon. Il est nécessaire, en effet, d'avoir tous les moyens d'investigation disposés d'avance, parce que, s'il fallait préparer ses instruments ou monter ses appareils au moment de s'en

ir, les propriétés vitales des éléments auraient le temps de
araître ou de s'altérer profondément ; de sorte qu'on ne
rrait plus faire son observation d'une manière convenable.
e sont donc les instruments nécessaires à l'étude instan-
ée des propriétés physiologiques des divers tissus ou li-
des organiques qui sont le premier besoin d'un labora-
e de médecine expérimentale, et c'est au fonctionnement
es instruments qu'il faut d'abord s'habituer. Il y a ensuite
grand nombre d'autres instruments particuliers qui s'ap-
quent à des expériences spéciales et que nous examine-
s à mesure que nous pénétrerons plus avant dans l'étude
la médecine expérimentale.
n résumé, l'objet des recherches de la médecine expé-
entale c'est d'abord d'analyser les phénomènes de la vie
r remonter jusqu'aux modifications physiologiques, pa-
logiques et thérapeutiques qui surviennent dans les pro-
tés des éléments organiques sous l'influence de diverses
ditions. Ensuite, après les avoir étudiées et déterminées,
s devrons reproduire ces conditions et nous en rendre
tres. Ces études nous conduisent directement, on le voit,
xercer une action modificatrice sur les propriétés des élé-
its organiques, et, par conséquent, sur les phénomènes
a vie. Mais un semblable but, nous le savons, ne peut être
int qu'à l'aide de l'expérimentation convenablement pra-
ée; c'est donc dans l'art difficile des expériences qu'il
d'abord nous perfectionner. Les expériences nous don-
t les faits sur lesquels on doit finalement raisonner; si
xpériences sont mal faites, les conclusions qu'on en dé-
a seront nécessairement erronées : de sorte qu'on peut
que le progrès de la médecine expérimentale sera main-
nt en rapport direct avec les progrès de l'expérimentation.
ans la science, ce n'est jamais le raisonnement qui a man-
; ce qui a toujours été difficile, c'est d'avoir des expé-
ices exactes. Mais il faut, en outre, avoir une bonne cri-
e expérimentale ; c'est là un point essentiel que je me
e à signaler pour cette fois et sur lequel j'insisterai dans
éance prochaine.
faut aujourd'hui établir solidement la nécessité d'intro-
e en physiologie une discipline expérimentale rigoureuse.
nd il s'agit de médecine, tout le monde croit pouvoir se
enser de cette discipline, peut-être parce qu'on n'en a pas
démontré la nécessité, et parce qu'on n'a pas assez
vé que jamais les résultats des expériences ne peuvent
nger quand les conditions restent les mêmes. Toutes les
radictions, si fréquentes dans les sciences physiologiques
nédicales, viennent de ce que les expérimentateurs se
ent dans des conditions diverses et font réellement des
ériences différentes, alors qu'ils croient faire les mêmes.
ut donc, lorsqu'on pratiquera une expérience physiolo-
e, l'exécuter suivant un procédé bien déterminé et con-
blement discuté, procédé qu'il s'agira ensuite de suivre
tement quand on voudra obtenir les mêmes résultats.
ns doute, on discutera toujours tant que la science mar-
a. Seulement il faut faire en sorte que les discussions
ortent pas sur les faits, mais seulement sur leurs inter-
tions. Les interprétations des faits sont relatives aux con-
ances que nous possédons, et, à mesure que nos con-
ances se développent, nous devons souvent changer
inion sur la manière de comprendre les résultats des
riences. Mais les faits en eux-mêmes resteront inébran-
s s'ils ont été bien établis dans des conditions convena-
blement précisées. C'est pourquoi je disais tout à l'heure que, par le perfectionnement des instruments et des procédés d'expérimentation, nous concourrons directement et efficacement à l'établissement de la médecine expérimentale, et nous préparerons l'avénement de cette médecine scientifiquement active.

CLAUDE BERNARD.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANATOMIE COMPARÉE

COURS DE M. PAUL GERVAIS

Leçon d'ouverture. — Histoire de l'anatomie (1)

L'étude anatomique des animaux est aussi ancienne que l'anatomie humaine ; on pourrait même dire qu'elle est plus ancienne, puisque c'est par l'observation des espèces domestiques et par celle de quelques espèces sauvages, qu'on s'est d'abord fait une idée de la conformation des organes, la dissection des sujets humains étant alors interdite ou tout au moins très-difficile. L'anatomie de Galien, qu'on donne souvent comme reposant sur la dissection du corps de l'homme, est un travail étendu d'anatomie comparée dans lequel l'auteur complète, au moyen des animaux, le peu qu'il sait sur notre propre structure, et il cite lui-même trois espèces de singes comme ayant servi à ses démonstrations. Ce sont le pithèque, aujourd'hui appelé magot, un cynocéphale, qui est sans doute le papion, et le képos des Grecs, qui pourrait bien être le grivet. Cependant on avait déjà, de son temps, entrepris quelques recherches anatomiques sur l'homme, et l'on cite Érasistrate, petit-fils d'Aristote, comme étant particulièrement dans ce cas.

Il faut arriver à Vésale, c'est-à-dire au XVI[e] siècle, pour trouver une anatomie complète du corps humain. Mais l'opinion que Galien n'avait décrit que ce dernier était alors si généralement admise, quoiqu'il suffise de le lire pour avoir la preuve du contraire, que Vésale eut à soutenir des luttes fort vives avec les médecins pour démontrer qu'il n'en était pas ainsi.

L'anatomie comparée fit dès lors de grands progrès ; elle s'est plus récemment complétée en envisageant sous leurs différents aspects l'ensemble des organes de l'homme et des animaux, et en éclairant l'une par l'autre, avec plus de précision que ne le faisaient les anciens, ces deux sources d'indications : aussi put-elle, deux siècles environ après Vésale, saisir les caractères principaux que présentent les instruments de la vie, apprécier la nature propre des différents appareils

(1) Après quelques généralités embrassant l'ensemble des sciences naturelles et les êtres dont ces sciences s'occupent, le nouveau titulaire de la chaire d'anatomie comparée du Muséum s'est appliqué à faire ressortir l'utilité de l'enseignement qui lui est confié, et il a indiqué l'ordre dans lequel il se propose d'aborder les différents sujets qu'il aura à traiter. Pour mieux démontrer l'importance de cette branche de la zoologie, et mettre en lumière les progrès qu'elle a fait faire à la biologie générale, le professeur a résumé à grands traits l'histoire de l'anatomie comparée en insistant de préférence sur les résultats obtenus dans l'établissement scientifique auquel il appartient aujourd'hui. C'est à cette partie de sa première leçon que nous empruntons le résumé qu'on va lire.

qu'ils constituent, et expliquer les liens qui rattachent notre espèce au reste des êtres organisés, sans la confondre avec aucun d'eux. En prenant la structure de l'homme pour la commune mesure à laquelle elle rapportera plus tard les organismes si divers des animaux appartenant à tous les groupes, elle pourra juger de l'infériorité relative de ces animaux, et employer les données que leur examen fournit à mieux comprendre la nature propre de nos organes, ou à juger de la supériorité de notre conformation.

Mais l'anatomie serait restée impuissante à obtenir de si précieux résultats, si elle s'était bornée à envisager l'homme ou les autres êtres vivants dans l'âge adulte. La structure du corps se modifie incessamment, et les matériaux qui le constituent subissent des transformations sans nombre. Les âges de chaque espèce sont, pour ainsi dire, des étapes à travers les constantes transformations de l'organisme. Il faut donc envisager celui-ci soit chez l'homme, soit chez les animaux, dans les formes successives qu'il revêt depuis son apparition dans l'ovaire jusqu'aux derniers termes assignés à l'existence de chaque espèce. Aussi Harvey, en étudiant le développement des animaux, n'a-t-il pas moins contribué aux progrès de la science que lorsqu'il a démontré la théorie véritable de la circulation du sang. Les transformations successives que les êtres vivants, particulièrement ceux des classes supérieures, subissent dans le cours de leur vie, rendent donc ces êtres très-différents d'eux-mêmes, et elles expliquent la complication extrême qui distingue certains d'entre eux lorsqu'ils sont arrivés à leur état définitif. Chaque jour l'observation de ces curieuses métamorphoses est la source de découvertes remarquables.

Un autre ordre de recherches anatomiques devait conduire à son tour à des conclusions importantes. Son but est d'expliquer le mode de formation des organes par la connaissance de leur structure intime, et l'on y trouve bientôt la clef d'une foule de phénomènes restés jusque-là sans explication. Elle est aussi, pour le classement des animaux en groupes naturels, une source de précieux renseignements, et la physiologie tire de cette minutieuse analyse des matériaux de l'organisme de nouvelles données. Il n'est pas jusqu'à la détermination des espèces éteintes qui n'ait réussi dans ces dernières années à s'en servir avec avantage. Aussi l'anatomie comparée met-elle constamment l'analyse microscopique des éléments organiques au nombre de ses principaux moyens d'investigation.

De nouveaux horizons allaient encore être ajoutés à ceux dont il vient d'être question, du moment que, non contents d'observer les espèces actuelles dans les différences qu'elles présentent, les anatomistes pourraient étendre leurs investigations aux êtres qui ont vécu à des époques antérieures à la nôtre, et constater les particularités distinctives qui les caractérisent, comme nous constatons celles des espèces qui peuplent actuellement le globe. On est arrivé par là à établir que la vie a été représentée, dans les précédentes époques géologiques, par des animaux et par des végétaux qui, dans bien des cas, ne différaient pas moins de ceux d'aujourd'hui que les divers âges de ces derniers ne diffèrent entre eux. On a également reconnu que si certains groupes propres à l'un et à l'autre règne se sont conservés avec des caractères à peu près identiques depuis les temps les plus reculés jusqu'à présent, d'autres ont subi, durant les âges successifs de la nature, des changements considérables, et qu'il en est aussi dont l'apparition est relativement récente.

Ce fait, déjà si curieux en lui-même, le devient plus encore lorsque nous constatons que les groupes les moins anciens sont aussi ceux dont l'organisation offre le plus de perfection, comme on le voit pour les mammifères, parmi les animaux, et pour les angiospermes, parmi les plantes, et que, dans chaque grande division de l'un et de l'autre règne, la supériorité des espèces est en général d'autant plus évidente que ces espèces sont d'une apparition moins reculée. Ainsi s'est vérifiée cette grande vue de Buffon, que la nature a eu aussi ses époques et ses transformations, et c'est en abordant ces belles questions que l'anatomie comparée, d'abord, restreinte à la constatation de quelques particularités propres à l'homme et aux animaux et envisagée à un point de vue purement utilitaire, s'est successivement élevée aux aperçus à la fois si philosophiques et si féconds dans leurs applications à la médecine, à l'agriculture, à l'art des mines, etc., qui en font aujourd'hui l'une des branches les plus fécondes de l'histoire naturelle.

La gloire des découvertes sur lesquelles repose sa certitude revient en grande partie à des savants français, et beaucoup des démonstrations sur lesquelles elle s'appuie sont le résultat des travaux entrepris dans cet établissement, qu'ils soient dus à Duverney, à Daubenton, à Georges Cuvier et à de Blainville, ou aux hommes éminents que le Jardin du roi et le Muséum d'histoire naturelle ont comptés parmi les collègues ou disciples de ces savants célèbres.

Duverney, le plus ancien des professeurs qui ont occupé dans cet établissement une chaire d'anatomie, concourut avec Claude Perrault, le célèbre architecte de la colonnade du Louvre, à la dissection des animaux d'espèces exotiques ou rares qui mouraient à la ménagerie fondée par Louis XIV, à Versailles. L'ouvrage dans lequel sont consignés les résultats de ses recherches a paru en 1771 et en 1776, sous le titre de *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des animaux*.

Parmi les travaux publiés ultérieurement dans la même direction, nous nous bornerons à citer les descriptions anatomiques entreprises par *Daubenton*, ainsi que par Mertrude, l'un de ses collaborateurs, et qui sont insérées dans les œuvres de Buffon.

Mais le Jardin du roi, illustré par Buffon, ne tarda pas à changer de titre. En 1793, il fut réorganisé de la manière à la fois la plus scientifique, la plus utile et la plus libérale, sous le titre de Muséum d'histoire naturelle. Destiné à l'étude de la nature entière, dont il était pour ainsi dire le temple, il possédait, dès lors, une ménagerie dans laquelle apparaissaient successivement des animaux rapportés de tous les points du globe. *Mertrude*, qui fut le premier professeur d'anatomie comparée du Muséum, put ainsi se livrer avec plus de succès encore à ses recherches favorites.

Voici dans quelles circonstances la ménagerie avait été instituée. En 1792, le régisseur des domaines de Louis XVI écrivit à Bernardin de Saint-Pierre, qui était depuis deux ans intendant du Jardin du roi, alors appelé le Jardin des plantes, pour lui offrir de la part du ministre quelques animaux que l'on conservait encore dans la ménagerie de Versailles. L'élégant écrivain comprit tout le parti qu'on pouvait tirer d'une semblable proposition, et dans son rapport il demanda qu'elle fût immédiatement acceptée. « Quelques lumières, disait-il, que l'anatomie comparée ait répandues sur celle de l'homme même, l'étude des goûts des animaux, de leurs instincts, de leurs

en jette de plus importants encore pour nos besoins notre propre existence ; elle est le complément de naturelle. C'est cette étude qui a rendu Buffon si nt, non-seulement aux savants, mais à tous les homs cet écrivain illustre, ayant manqué de beaucoup d'observations, n'a travaillé souvent que sur des mécertains : ses remarques les plus utiles et ses tableaux x coloriés sont ceux qui ont pour modèles les ani'il a lui-même étudiés ; car les pensées de la nature n elles leur expression. Quelles riches études il nous es, s'il eût pu les étendre à une ménagerie. »
it facile de démontrer, par le seul résumé des dés dues à Etienne Geoffroy Saint-Hilaire, à Frédéric Isidore Geoffroy, etc., ainsi que par la liste des acents que nos galeries de zoologie doivent à la ménambien les espérances de Bernardin de Saint-Pierre fondées. Sans la ménagerie, les délicates observa Frédéric Cuvier sur l'instinct et l'intelligence des eussent été impossibles, et elle a rendu bien d'autres encore. Si une institution aussi utile avait besoin fendue, on pourrait invoquer encore les essais d'acon et de domestication qu'Isidore Geoffroy a tentés er dans la ménagerie de Paris, et que son fils, ainsi tres savants, continuent dans des établissements anarées plus récemment en France ou à l'étranger.
omie ne devait pas en tirer un moindre profit. C'est n se rendra compte si l'on visite les riches galeries aphithéâtre où a lieu le cours d'anatomie est une dé. On sera frappé, à chaque pas, de l'abondance des x que les animaux morts à la ménagerie fournissent eignement. C'est dans la ménagerie que nos collec latives à l'organisme animal puisent les éléments ux de leur richesse, et c'est grâce aux précieuses resqu'elle fournit que Georges Cuvier, ainsi que ses suc, ont pu fonder et accroître ce puissant moyen d'in publique dont les étrangers qui visitent nos musées ent assister à nos leçons sont appelés à profiter aussi nos compatriotes.
98, *G. Cuvier* devint le collaborateur et le suppléant ude. Le Muséum ne possédait, avant sa nomination, ques pièces anatomiques éparses, les unes provenant ctions entreprises par les anciens académiciens, les es à Daubenton et à ses aides, rapportées de Hollande des expéditions françaises dans ce pays, ou obtenues les circonstances également fortuites. Cuvier profita, rare habileté, des matériaux dont Mertrude avait eu ur, et, de 1798 à 1803, il put porter le nombre des ions qui servaient à ses travaux ainsi qu'à ses démons de 102 à 2998. En 1833, peu de temps après sa nombre en était de 13 313, et depuis lors ce chiffre idérablement accru ; chaque jour il s'accroît encore.
comment G. Cuvier rappelait, dans une notice pu 1803, les circonstances par suite desquelles il lui fut d'arriver aux résultats déjà considérables qu'il avait dès cette époque et d'en assurer la conservation :
nquait encore un local d'exposition. Les préparations aient rangées dans le cabinet avec les animaux en squelettes étaient en partie dans les souterrains, en ns les combles ; on ne savait où placer ce qu'on de nouveau.
ministration acquit un grand bâtiment voisin de l'amphithéâtre, dont un côté touchait précisément à la maison destinée au professeur d'anatomie comparée. On perça une porte. Ce côté du bâtiment formait deux immenses salles qui furent partagées en plusieurs petites par des cloisons ; on eut dès lors tout l'espace nécessaire, et rien ne s'opposa à ce que la collection prît les accroissements les plus rapides.

» Les sources de cette collection furent les animaux morts à la ménagerie, ceux donnés ou envoyés par des particuliers, ceux achetés exprès au marché ou ailleurs, enfin ceux qui étaient conservés en entier dans la liqueur et dont la collection de zoologie n'avait pas besoin. »

Au moment où Cuvier commençait ses magnifiques découvertes, la science venait de perdre Vicq d'Azyr, dont Condorcet a si bien indiqué les tendances philosophiques dans le résumé qu'il a donné, dans l'histoire de l'Académie, de son mémoire sur la comparaison des membres. Elle devait également voir disparaître bientôt, et de même avant qu'il lui eût rendu tous les services qu'elle attendait de lui, Bichat, dont les études relatives à la structure intime des organes auraient été plus fructueuses encore si, contrairement aux préceptes de ses prédécesseurs, Grew, Leuwenhoeck et Malpighi, il n'avait pas négligé de se servir du microscope dans ses investigations histologiques.

La réputation de G. Cuvier ne tarda pas à devenir considérable, et elle n'a rien perdu depuis lors de sa popularité. Tout le monde a entendu parler de ses travaux relatifs aux différentes branches de l'histoire des animaux. Ses publications anatomiques, les découvertes inattendues auxquelles l'a conduit la comparaison des ossements fossiles avec ceux des espèces actuelles, les applications qu'il a faites de sa profonde connaissance de l'organisme animal à la classification du règne tout entier, ont transformé la zoologie, et il a encore ajouté aux grands services qu'on lui doit, en s'occupant à plusieurs reprises de l'histoire de cette science envisagée dans ses différentes branches.

L'influence qu'a exercée *de Blainville*, son successeur, dans la chaire d'anatomie comparée du Muséum, et précédemment le successeur de Lamarck dans celle qui a pour objet la zoologie des animaux sans vertèbres, a été également considérable. Alliant les tendances synthétiques de Geoffroy Saint-Hilaire à la scrupuleuse observation des faits, qui est le grand mérite de G. Cuvier, de Blainville a refait l'histoire presque entière des animaux inférieurs. Son livre sur l'anatomie de la peau et sur les organes des sens envisagés dans la série animale tout entière, est riche en aperçus originaux, et l'on y trouve une foule d'observations nouvelles ; en outre, l'ensemble de ses travaux sur les différents groupes du règne animal a jeté sur la zoologie générale une vive lumière. De Blainville est aussi l'auteur de recherches pleines d'intérêt sur les vertébrés fossiles, dont sa nomination à la chaire de Cuvier lui imposait le devoir de faire connaître les caractères ostéologiques, comparativement avec ceux qui distinguent les vertébrés actuellement existants. Mais la valeur des découvertes qu'on lui doit n'est pas encore suffisamment appréciée par tous les naturalistes, ce qui tient en partie aux conditions dans lesquelles il les a publiées. Il en est particulièrement ainsi des vues d'ensemble, à la fois neuves et fécondes, qui ont rendu son long professorat si profitable aux progrès de la science. La plupart ont passé dans l'enseignement, mais sans qu'on sache que c'est à lui qu'en revient le mérite, ou du moins sans qu'on le dise toujours.

Un des principaux titres de M. *Duvernoy* à la succession de G. Cuvier et de Blainville, est d'avoir été l'élève et le collaborateur du premier de ces grands naturalistes. Cuvier confia même à M. Duvernoy la rédaction de ses leçons d'anatomie comparée, en commun avec son ami le professeur Duméril, dont le nom jouit d'une célébrité méritée. On doit d'ailleurs à M. Duvernoy de nombreux mémoires, pour la plupart consacrés à la description anatomique d'un grand nombre d'animaux, dont les espèces sont, les unes encore vivantes, et les autres éteintes depuis des temps plus ou moins reculés.

A M. Duvernoy succéda M. *Serres*, esprit fin et médecin éminent, qui aimait à s'élever au-dessus de l'observation ordinaire des faits, pour chercher les lois de l'organisme. M. Serres est l'auteur de recherches importantes d'anatomie. Son ouvrage sur le cerveau a été couronné par l'Académie des sciences, et il en est de même de ses travaux relatifs à l'ostéogénie. M. Serres avait en outre une autorité particulière dans la partie de l'anatomie comparée qui traite des altérations de l'organisme, altérations desquelles résulte la formation des sujets monstrueux, et les publications que la tératologie lui a fournies sont, avec celles d'Etienne et d'Isidore Geoffroy, ce que la France a produit de plus remarquable à cet égard.

Avant de s'asseoir dans la chaire d'anatomie comparée, M. Serres avait occupé celle d'anthropologie. Il a consacré une partie de ses dernières années à des études sur l'anatomie des animaux fossiles, envisagée dans ses rapports avec celle des animaux vivants, et on lui doit, entre autres publications sur ce sujet, la description du *Mesotherium*, l'un des genres les plus singuliers dont on ait encore rencontré les débris dans les terrains pampéens de l'Amérique méridionale.

M. Serres a voulu faire plus encore pour la collection des ossements fossiles créée par G. Cuvier, dont il avait la responsabilité comme professeur d'anatomie comparée. Il a légué par testament, au Muséum, une somme considérable dont les intérêts permettront d'accroître chaque année ce précieux dépôt, et de le maintenir à la hauteur des collections analogues qu'on a fondées dans les musées aujourd'hui entretenus à grands frais par les autres nations.

BULLETIN DES COURS

Soirées scientifiques de la Sorbonne

M. P. Bert étant empêché, c'est M. Léon Vaillant, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, qui a fait, jeudi dernier, la conférence intitulée : *Histoire d'un œuf.*

Enseignement libre de la Sorbonne

Météorologie (les mercredis à huit heures du soir). — M. Marié-Davy fait maintenant son cours les mercredis à huit heures du soir, et non plus les mardis à deux heures. Il traite des applications de la météorologie à l'hygiène et à l'agriculture.

Chimie analytique appliquée a la physiologie (les jeudis, à quatre heures). — M. P. Schutzenberger, directeur adjoint du laboratoire de chimie de la Sorbonne, vient d'ouvrir ce cours dans les bâtiments de la rue Gerson, en attendant l'achèvement du laboratoire dont la construction n'est pas encore terminée.

Faculté des sciences de Strasbourg.

M. Baudelot, docteur ès sciences et en médecine, vient d'être nommé professeur titulaiae de zoologie et de physiologie animale à la Faculté des sciences de Strasbourg, où il était chargé des cours depuis plusieurs années,

Muséum royal de Florence

Astronomie. — M. G. B. Donati ne fait pas de leçons cette année. Il exercera les élèves qui le désireront à la pratique des observations astronomiques.

Chimie (les mardis et vendredis à dix heures du matin). — M. Ugo Schiff traite cette année de la *chimie organique théorique*. Le mardi il développe les généralités de la partie systématique de cette science, et le vendredi il expose les progrès de la chimie théorique en examinant les récents travaux publiés dans les journaux scientifiques les plus importants. — Le laboratoire de chimie est ouvert tous les jours à ceux qui veulent s'exercer aux manipulations, entreprendre des travaux originaux, ou suivre les recherches qui se font dans le laboratoire.

Physique (les lundis et vendredis, à midi et demi). — M. Alberto de Eccher, chargé du cours, continue ses leçons de l'année précédente sur l'*électricité* et traitera ensuite de l'*acoustique.*

Géologie (les mercredis et vendredis, à deux heures). — M. Igino Cocchi traite de la paléontologie stratigraphique en faisant surtout l'étude de la faune et de la flore tertiaires. Il dirigera des excursions dans les campagnes pour l'instruction des élèves ; la grande excursion annuelle aura lieu au printemps.

Botanique (les mardis et samedis, à une heure).— M. Filippo Parlatore traite de l'anatomie et de l'organographie végétales et de la philosophie botanique, en partant des plantes les plus simples pour s'élever aux plus parfaites. Il examinera les lois intimes de la structure des plantes, en discutant les questions les plus graves relatives à la série végétale, à l'action des circonstances extérieures sur les plantes, à la prétendue transmutation des espèces, questions que la doctrine de Darwin a ravivées dans ces dernières années. — Exercices pratiques, herborisations.

Anatomie comparée et zoologie. *Invertébrés* (les mardis et samedis, à onze heures). — M. Targioni Tozzetti développe des considérations générales sur les organismes animaux et sur les principes de la classification zoologique ; puis il exposera les caractères des principaux types d'animaux invertébrés. Dans la partie spéciale du cours, il traitera de l'anatomie des mollusques, de leur classification, des caractères zoologiques des ordres et des familles de cet embranchement.

Vertébrés (les jeudis, à onze heures). — M. Targioni Tozzetti expose les caractères zoologiques des ordres et des familles de mammifères. — Exercices pratiques : dissections, observations microscopiques, déterminations zoologiques (tous les jours).

Physiologie comparée (les lundis, jeudis et samedis, à deux heures et demie). — M. Maurice Schiff expose les fonctions du corps humain. Exercices pratiques de physiologie expérimentale.

Métallurgie (les mercredis, à midi). — M. Angelo Vegni étudie les altérations de l'air par suite de la combustion de la respiration et de la transpiration des êtres vivants. Il examinera les moyens d'aération et de ventilation les plus efficaces pour obtenir des conditions de complète salubrité dans les mines, les usines métallurgiques et tous les lieux où se trouvent réunis un grand nombre d'individus, tels que : asiles pour les enfants, écoles, lycées, salles d'anatomie, amphithéâtres de conférences, grandes assemblées, théâtres, casernes, prisons, hôpitaux.

Cours libre de zoologie et d'anatomie comparée (les lundis, à onze heures). — M. Pietro Marchi fait des leçons sur les *helminthes* de l'homme et des animaux domestiques.

École de médecine de Bordeaux

Des cours complémentaires faits par neuf docteurs en médecine vont s'ouvrir dans les salles de l'École et de la Faculté des lettres, sur différentes branches des sciences médicales qui ne sont pas représentées dans le cadre officiel de l'enseignement de l'École : médecine légale, thérapeutique générale, histologie, ophthalmologie, etc.

— Le maire de Bordeaux, suivant l'exemple de M. Haussman, vient de prendre un arrêté ordonnant la constatation des naissances à domicile, à partir du 1er février prochain.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

XIÈME ANNÉE NUMÉRO 10 6 FÉVRIER 1869

Paris, 5 février 1869.

dernière séance de l'Académie des sciences a été marpar deux incidents orageux.

Barré de Saint-Venant avait présenté un nouveau travail écoulement des solides, contenant une solution plus géle que celle de ses précédentes notes sur le même sujet. daction dépassait la limite de huit pages imposée par le ment et il demandait l'autorisation de l'insérer cepenen entier dans les *Comptes rendus*.

s demandes de ce genre sont faites presque à chaque e et toujours accueillies comme une simple formalité. fois, M. Serret se lève et fait remarquer que des traétendus, comme celui de M. Barré de Saint-Venant, doiêtre placés dans les *Mémoires* de l'Académie et non dans omptes rendus destinés seulement à recevoir de courtes ations des résultats obtenus. — Mon travail actuel est le plément nécessaire de mes précédentes notes, répond arré de Saint-Venant, et il faut par conséquent les mettre le même recueil. — Eh bien, réplique M. Serret, vous ez réimprimer le tout dans les *Mémoires*. — Peut-être, ose le président, M. Barré de Saint-Venant pourrait-il ré- un peu son mémoire pour rentrer dans les limites réentaires. Mais M. Barré de Saint-Venant déclare que c'est ssible et ajoute que l'Académie ne fait jamais de diffis pour accorder des autorisations de ce genre.

Morin constate que les comptes rendus grossissent tous urs et deviennent de plus en plus coûteux. Mais en resnant rigoureusement chaque communication à ses huit s, on n'empêchera pas les auteurs de découper leur traen tranches successives qu'ils apporteront l'une après tre à l'Académie. Certains correspondants ont introduit i dans les comptes rendus des volumes entiers. — M. Le Verfait remarquer qu'on ne peut refuser à M. Barré de Saintant une autorisation qui est usuelle, sauf à discuter la tion comme principe. L'Académie finit par voter l'autotion demandée par M. Barré de Saint-Venant, mais un grand nombre de mains se lèvent contre lui.

est certain qu'il y a là un abus, et nous l'avons déjà sié (t. IV, p. 815, 16 novembre 1867); mais ceux qui en tent le plus ne sont pas les correspondants, comme l'ine M. Morin. Pour ne pas citer de vivant, feu M. Serres, de temps avant sa mort, a consacré une centaine de s des *Comptes rendus*, à la description des os du Mésothé. Le règlement du 23 juin 1662, en allouant huit pages pour les communications des membres et correspondants, ne permet pas à l'Académie d'autoriser à dépasser ces limites : pourquoi le fait-elle? D'un autre côté le même règlement défend à un membre de donner plus de cinquante pages par an aux comptes-rendus, — ce que M. Morin paraît avoir oublié; — pourquoi cette disposition n'est-elle jamais appliquée?

Les autres académies, à Vienne, à Berlin, à Londres, etc., publient chaque semaine ou chaque mois des bulletins fort succincts. Le texte des travaux, — sauf à Londres, — est réservé pour les recueils de mémoires qui paraissent par fascicules, et dès lors à intervalles assez rapprochés. Le tout s'imprime généralement in-8° et en caractères de dimensions modérées, ce qui diminue beaucoup la dépense et permet ainsi de faire graver des figures. A Paris, au contraire, on imprime tout en gros caractères et en in-4°, ce qui augmente très-inutilement les frais, et de plus on met dans les *Compte rendus* ce qui ne devrait figurer que dans les *Mémoires*, dont l'impression est relativement moins coûteuse, mais en revanche les gravures sont plus que rares. Pourquoi les académiciens ont-ils une si vive préférence pour les *Compte-rendus?* Parce que la publication des *Mémoires* est toujours assez lente. Mais elle deviendrait bien plus rapide si on leur réservait le texte de tous les travaux, et si l'on faisait paraître chaque volume en plusieurs fascicules. — Il serait très-instructif de comparer le budget de l'Académie des sciences, en ce qui concerne les dépenses d'impression, avec celui des académies étrangères. Nous le ferons peut-être un jour.

— On sait que l'Académie des sciences a été saisi par le ministre de l'Instruction publique d'un projet de modification de l'Observatoire de Paris. L'Académie a décidé que la question serait examiné en comité secret et nommé une commission qui a présenté son rapport par l'organe de M. Serret dans l'avant-dernière séance. Ce rapport approuve toutes les modifications proposées et notamment le transfert de l'Observatoire à Fontenay-aux-Roses.

Depuis quelque temps, M. Le Verrier cherchait visiblement à ramener dans les séances publiques les questions scientifiques soulevées par les projets de ses adversaires. Il y a dix jours, il a lu un travail ayant pour but d'établir que les trépidations du sol parisien n'altèrent pas les observations d'étoiles faites à l'Observatoire actuel, et où il proclamait l'excellence de la lunette méridienne de Gambey à laquelle *on* avait récemment proposé de faire subir de graves modifications. M. Serret s'empressa de déclarer que cet *on* ne désignait pas le conseil de l'Observatoire auquel une proposition de ce genre avait effectivement été apportée, mais qui l'avait repoussée. M. Yvon Villarceau crut nécessaire d'ajouter qu'il « s'est le premier prononcé contre le projet de transformation

» de cet instrument, *projet faisant partie du plan proposé par* » *M. le Directeur au conseil de l'Observatoire.* »

Lundi dernier M. Le Verrier lut à ce sujet la note suivante :

Après qu'il eut donné communication de la note sur les observations faites au cercle de Gambey par réflexion, M. Séguier prit acte de l'excellence des résultats obtenus au moyen de ce cercle pour demander l'ouverture d'un paquet cacheté déposé par lui en 1848, et contenant la description du procédé de division des cercles employé par Gambey.

M. le Verrier répondit à son confrère en ajoutant quelques mots à l'éloge des instruments de Gambey; et comme il avait eu connaissance que des membres de l'Académie s'étaient émus d'un projet de transformation de la lunette méridienne de Gambey, il ajouta qu'il s'y était fortement opposé.

Les phrases prononcées par M Séguier n'ayant point été données par lui pour le *Compte rendu* (toute conversation entre les membres de l'Académie ne figure pas nécessairement dans le recueil), M. le Verrier n'a rien donné non plus de sa réponse. Ce nonobstant, M. Y. Villarceau a imprimé une remarque qu'il avait produite à la suite de MM. le Verrier et Séguier. Cette remarque est ainsi inintelligible pour le lecteur; et de plus, la dernière ligne, en contradiction avec ce qui précède, se trouve renfermer une erreur.

A la suite de cette lecture, M. Yvon Villarceau déclare que M. Le Verrier pousse par trop loin la *hardiesse*, pour ne pas employer une autre expression, en désavouant un fait dont les registres du conseil faisaient foi. Il s'élève alors une discussion fort vive. M. de Quatrefages demande qu'on renvoie l'affaire au comité secret. M. Le Verrier déclare qu'il ne peut y consentir que s'il est entendu qu'il insérera de toute façon aux *Comptes rendus* la note qu'il vient de lire : on ne peut l'empêcher de désavouer une opinion qui lui a été attribuée. M. de Quatrefages réclame de nouveau le renvoi au comité secret, en ajoutant qu'il y sera décidé si la note doit être insérée ou non. Le renvoi est voté par l'Académie. La main de M. Liouville se lève seule pour maintenir l'affaire en séance publique. — Dans le comité secret, l'Académie a décidé que la note de M. Le Verrier serait insérée.

Il paraît que la proposition de modifier la lunette méridienne de Gambey émanait d'un des chefs de service de l'Observatoire.

UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE

(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE)

M. AGASSIZ (1)

de la Société royale de Londres et de l'Institut de France.

Les principes rationnels de la classification zoologique

Dans les systèmes de Zoologie et de Botanique, l'emploi des termes embranchements, classes, ordres, familles, genres et espèces, est tellement universel, qu'on devrait en supposer le sens et la portée bien déterminés et généralement compris de la même manière. Il s'en faut pourtant de beaucoup qu'il en soit ainsi. Tout au contraire, il n'y a pas, à vrai dire, en Histoire naturelle, de sujet à l'égard duquel l'incertitude soit plus grande et le défaut de précision plus absolu. Je n'ai pu trouver nulle part une définition nette du caractère même des divisions les plus compréhensives. Quant aux opinions ayant cours sur les genres et les espèces, elles sont tout à fait contradictoires. Dans de telles circonstances, il m'a paru singulièrement désirable de rechercher quel est le fondement vrai de ces distinctions et de déterminer, autant que possible, le degré de réalité qu'elles ont dans la nature.

S'il était possible d'établir que ce n'est pas la quantité, le plus ou moins de portée qui fait l'essence de ces groupes, mais que, au contraire, ils ont pour base des catégories distinctes de caractères, il faudrait bien que tout le monde appelât genre ce qui est un genre, famille ce qui est famille, ordre ce qui est ordre, etc., lors même que ces groupes différeraient fort peu les uns des autres. Si, par exemple, l'espèce avait pour base la grandeur absolue; le genre, la structure de quelques parties extérieures du corps; la famille, la forme du corps ; l'ordre, l'analogie ou l'identité de la structure intérieure, il est évident qu'il ne pourrait pas y avoir deux opinions à l'égard de ces groupes, pris dans n'importe quelle classe du règne animal. Mais le problème n'est pas aussi simple, dans la nature ; et il m'a fallu les investigations les plus profondes et les plus étendues pour trouver le fil qui devait me guider dans ce labyrinthe. J'ai reconnu, par exemple, que, si les naturalistes discutaient et discutent encore sur l'espèce et sur le genre, ils n'en distinguent pas moins les objets eux-mêmes à peu près de la même manière. Ce que A. voulait appeler espèce, B. l'a inscrit seulement comme variété ou race ; et alors ils ont fort bien pu désigner la même agrégation d'individus, B. comme sous-genre et A. comme espèce; ou encore ce que A. nomme un genre, B. l'a regardé comme une famille ou comme un ordre. A mon tour, je me suis emparé de ce quelque chose ainsi marqué de noms divers, et j'ai essayé de découvrir en lui des caractères qui dussent persuader à tous de lui donner la même appellation.

Parvenu à ce point de ma recherche, j'observais que le caractère même des œuvres des naturalistes éminents jetait une certaine lumière sur la question. Il y a des auteurs, et ce sont parfois les plus célèbres de tous, qui ne se sont jamais occupés de la classification. Ils n'y ont prêté qu'une attention légère ou n'en ont parlé qu'en passant, et néanmoins, du consentement universel, ils sont les biographes d'espèces ayant le mieux réussi dans leurs descriptions. Tels sont Buffon, Réaumur, Rœsel, Trembley, Smeathman, les deux Huber, Bewick, Wilson, Audubon, Naumann, etc. D'autres se sont appliqués plus exclusivement à l'étude des genres, et le zoologiste Latreille est le plus remarquable d'entre eux. Linné et Jussieu sont placés au premier rang parmi les botanistes, pour avoir donné les caractères des genres ou, tout au moins, pour avoir les premiers réussi à tracer les limites naturelles de ces groupes. Jusqu'à présent les botanistes sont parvenus, beaucoup mieux que les zoologistes, à caractériser les familles naturelles. Cependant Cuvier et Latreille ont beaucoup fait dans cette voie, en Zoologie. C'est Linné qui, le premier, a introduit les ordres dans la classification des animaux. Quant aux groupes tout à fait supérieurs, comme les classes et les embranchements, on pourrait même dire les ordres, c'e Cuvier qui a montré le chemin dans lequel se sont engag après lui tous les naturalistes de ce siècle.

Cherchons donc ce que ces hommes ont fait de particulie pour se distinguer d'une manière spéciale, soit comme bio graphes d'espèces, soit comme révélateurs des caractères de genres, des familles, des ordres, des classes et des embran-

---

(1) Voyez d'autres leçons de M. Agassiz dans notre tome V, pages 345, 643, 673, 787 et 818, 2 mai, 5 et 18 septembre, 7 et 21 novembre 1868.

ients. Bien qu'il paraisse évident que chacun d'eux a con- é le sujet à son point de vue particulier, une chose me e, et la voici : de l'aveu de tous, mais sans qu'on ait conscience, ce qui constitue l'éminence ou la distinction s maîtres, c'est justement la découverte de faits qu'il endrait de proclamer, en en comprenant bien l'impor- , comme révélant le caractère propre de la catégorie de es par eux étudiée avec tant de succès.

I. — Embranchements du règne animal

plus haute des divisions du règne animal a été pour la ière fois introduite dans la science par Cuvier, sous le d'*embranchement*. Ce maître nous apprend que les em- hements sont fondés sur la distinction de plans de struc- livers, de formes ou de moules différents dans lesquels imaux auraient été, pour ainsi dire, coulés. A coup sûr, e raison n'empêche que nous nous accordions tous à ier, par ces mots de *types* ou d'*embranchements*, les es divisions du règne animal ainsi instituées, celles qui our raison d'être l'existence d'un plan spécial et distinct, effet, nous constatons, pratiquement, que ces grands es sont tracés dans la nature. Ceux qui ne les y aper- t pas peuvent nier qu'ils existent; ceux qui en recon- nt la réalité peuvent ne pas s'accorder sur leurs limites; ous peuvent, au plus grand profit de la science, s'en- pour appeler tout groupe qui leur semblera fondé sur n spécial de structure, du nom de type ou embranche- du règne animal. S'il y a encore, parmi les naturalistes, vergences d'opinion sur leurs limites, que la discussion ue. Mais qu'il soit bien compris que les embranche- sont caractérisés par les différences dans le plan de la ure, et non par des particularités anatomiques spéciales. ns d'autant plus garde de confondre l'idée de plan avec de complication de la structure, que Cuvier lui-même a is çà et là cette erreur dans sa classification.

ée de plans distincts de structure est le vrai pivot sur doit, en dernier ressort, rouler la détermination des nchements du règne animal. Je crois pouvoir en donner reuve excellente : Examinons les perfectionnements es divisions primaires ont été l'objet, j'entends ceux ut le monde admet comme tels. Tous ont consisté à orter, d'une division dans une autre, un groupe qui y té introduit en vertu de considérations étrangères à l'un plan particulier, ou par suite de notions inexactes vrai plan de structure. Vérifions cette assertion par en de quelques faits sur lesquels il n'y a plus de doute le. Ni les Infusoires, ni les Vers intestinaux ne peuvent ais être rangés, par les naturalistes compétents, parmi onnés. Si Cuvier les y avait placés, ce n'est certaine- as qu'il jugeât le plan de leur structure identique avec es vrais Rayonnés; mais il s'était permis d'être infidèle cipe qu'il avait lui-même posé. A la considération du la structure, il en avait ajouté une autre, comme ristique des Rayonnés : la prétendue absence de sys- erveux et la grande simplicité de structure de ces x. Comme si la simplicité de l'exécution avait néces- nt un rapport quelconque avec le plan! Un autre e remarquable d'une classe rejetée, à l'approbation e, d'un des embranchements institués par Cuvier dans e, c'est celui des Cirripèdes, transportés de la division des Mollusques à celle des Articulés. Une appréciation inexacte du plan de la structure de ces animaux avait donné lieu à une erreur qui fut réparée, sans opposition, dès que les Cirripèdes furent mieux connus.

Rapprochez ce qui vient d'être établi à l'égard de la diversité de plans, caractéristique des divisions primaires, de ce que je dirai plus loin sur les classes et les ordres. Vous comprendrez mieux l'importance de distinguer le plan de la structure d'avec son mode de réalisation extérieure, et son degré de complication d'avec sa perfection ou sa simplicité relative.

Mais, ce n'est pas tout de constater que le plan de la structure doit être le fondement caractéristique des groupes primaires. Il ne s'ensuit pas, en effet, sans autre examen, que les quatre grands embranchements du règne animal, distingués par Cuvier, doivent être considérés comme des divisions primaires fondamentales, données par la nature elle-même. Il est encore indispensable de faire à cet égard une recherche soigneuse et approfondie, et de déterminer ce que sont en elles-mêmes ces divisions primordiales. Seulement, en ce qui concerne nos systèmes, un point demeure acquis : Quelles que puissent être en réalité, les divisions primordiales naturelles, fondées sur la diversité du plan, ces divisions une fois définies et admises, comme expression temporaire de l'état de nos connaissances, leur nom est *embranchements du règne animal*. Du reste, chaque jour devient chez moi plus forte la conviction que les divisions primaires de Cuvier, au moins dans leurs grands traits principaux, sont la représentation vraie de la nature.

Nos systèmes sont plus conformes à la nature qu'on ne le suppose la plupart du temps. La preuve en est, à mon sens, dans le rapprochement qui peu à peu s'opère entre les savants, soit par les résultats auxquels ils arrivent, soit par les formules qui expriment ces résultats. L'idée sur laquelle repose l'institution des grandes divisions primaires du règne animal, c'est une conception, la plus générale possible, adéquate au plan d'une création définie. Ces divisions sont, par conséquent, les plus compréhensives de toutes. A proprement parler, elles priment dans une classification naturelle, en ce sens qu'elles représentent les rapports les plus importants et les plus larges des divers groupes naturels du Règne, la formule générale d'où dépend chacun d'eux. En définitive, ce que nous appelons embranchement, exprime, entre les animaux, une connexion purement idéale, la conception intellectuelle qui les embrasse tous dans la pensée créatrice. Il me semble que, plus on étudie la signification vraie de cette sorte de groupes, plus on se convainc qu'ils ne sont pas fondés sur des relations matérielles. Les divisions plus restreintes qui viennent immédiatement après, ont pour fondement des qualifications spéciales du plan, et diffèrent l'une de l'autre par le caractère de ces qualifications. Si l'observation faisait voir que, après le plan de la structure, les traits généraux offerts par un plus grand nombre de groupes sont ceux qui déterminent le rang ou la place respective des animaux entre eux, il semblerait naturel de considérer les ordres comme la seconde des catégories principales de l'organisation. Mais l'expérience prouve qu'il n'en est pas ainsi, et la manière dont le plan de la structure est mis à exécution conduit à distinguer des divisions plus extensives (les classes) que celles basées sur la complication de structure (les ordres).

II. — Classes

Avant que Cuvier eût fait voir que le règne animal tout entier est construit sur quatre plans différents de structure, les classes étaient le groupe le plus élevé que l'on connût dans les systèmes de Zoologie. De bonne heure, les naturalistes comprirent sur quoi les divisions de cette sorte devaient être fondées, pour rester naturelles. Mais ils ne surent pas toujours apprécier la valeur vraie des caractères d'après lesquels ils avaient établi le prototype de ce degré d'alliance. Linné, le premier, exposa le système des animaux, et, quoique très-imparfaitement, il distinguait déjà, par des caractères anatomiques, les classes qu'il avait instituées. Après lui, tous les zoologistes systématiseurs se sont proposé de dresser un tableau, de plus en plus complet, des classes du règne animal, d'après les indications de plus en plus nombreuses fournies par l'étude de la structure.

La structure, voilà donc le grand critère pour reconnaître les classes. Le plus sûr moyen de découvrir les limites de ces groupes, c'est une connaissance approfondie de l'anatomie des animaux. Et cependant, avec ce prototype sous les yeux, les naturalistes n'ont pas pu s'entendre. Ils ne s'entendent pas encore, ni sur les limites à assigner aux classes, ni sur le nombre qu'il en faut admettre. Il est vraiment étrange que, appliquant aux mêmes objets la même mesure, les résultats de leur estimation aient pu varier de quantités si grandes. Cette réflexion m'a conduit à y regarder de plus près et à rechercher si, au fond, cette apparente unité de mesure n'était pas plus imaginaire que réelle. La structure peut être envisagée de plusieurs points de vue. On y peut considérer : 1° le plan adopté par son auteur ; 2° l'œuvre qu'elle a à accomplir et les voies et moyens employés pour l'édifier ; 3° son degré de perfection ou sa complication, qui peut différer grandement, bien que le plan reste le même et que les voies et moyens employés pour l'exécution n'aient pas la moindre différence ; 4° la forme de l'ensemble et celle des parties, qui n'ont aucune relation nécessaire, en tout cas aucune relation étroite, soit avec le degré de perfection de la structure, soit avec la manière dont le plan est exécuté, ou avec le plan lui-même ; comme on peut aisément s'en convaincre par une comparaison entre les Chauves-Souris et les Oiseaux, les Baleines et les Poissons, les Holothuries et les Vers ; — enfin 5° le *fini* même, l'exécution des détails dans les parties individuelles.

Il ne serait pas difficile de prouver que le désaccord entre les naturalistes, quand il s'agit de la limitation des classes, provient de ce qu'ils considèrent indifféremment la structure à tous ces points de vue divers, sans distinction. Ils appliquent avec insouciance et sans le moindre discernement, les résultats ainsi obtenus à la définition des caractères des animaux. Ceux qui n'ont pas fait, entre le plan de la structure et le mode de réalisation de ce plan, cette opposition nécessaire, ont méconnu l'importance des grandes divisions fondamentales du règne animal. Ou bien, ils ont multiplié indûment le nombre de ces divisions, en se basant sur des considérations purement anatomiques ; c'est-à-dire en s'appuyant, non sur la variété dans les modes du plan général de la structure, mais sur le développement matériel donné à ce plan. D'un autre côté, ceux qui ont confondu la complication de la structure avec les voies et moyens par lesquels une combinaison donnée de systèmes organiques entretient la vie, n'ont pas pu établi une différence convenable entre les caractères des classes et ceux des ordres. Aussi ont-ils maintes fois élevé les ordres au rang des classes. On va voir, en effet, que les ordres naturels doivent être basés sur les degrés de complication présentés par la structure, dans les limites de la classe. Quant aux classes, elles sont caractérisées par la façon dont le plan est poursuivi, c'est-à-dire par les combinaisons diverses des systèmes organiques constituant le corps des représentants d'un embranchement quelconque. Peut-être même faudrait-il dire que les classes sont caractérisées plus nettement encore par la différence des voies suivant lesquelles la vie est entretenue, et par la diversité des moyens employés pour établir ces voies. Un exemple suffira pour montrer que cette distinction implique une différence marquée entre les caractères de l'ordre et ceux de la classe.

Comparons les Polypes aux Acalèphes, en les considérant comme deux classes, et sans nous préoccuper autrement des limites qui peuvent leur être assignées par les auteurs. Toutes deux sont construites sur le même plan et appartiennent pour cette raison à l'embranchement des Rayonnés.

Pour établir ce fait, nous n'avons pas à considérer la structure véritable de ces animaux. Qu'ils aient un système nerveux ou non, des organes des sens ou non, que leurs muscles soient lisses ou striés, qu'ils possèdent une charpente solide ou n'aient qu'un corps entièrement mou, que leur cavité digestive n'ait qu'un orifice ou qu'elle en ait deux opposés, qu'il y ait à cette cavité des appendices glandulaires ou non, que l'aliment digéré soit distribué dans le corps d'une façon ou d'une autre, que les résidus de la digestion soient ou non rejetés par la bouche, que les sexes soient réunis ou séparés, que la reproduction se fasse par des œufs ou bien par des bourgeons, que ces êtres enfin soient simples ou composés ; c'est ce dont nous n'avons pas à nous occuper actuellement. Tout ce que nous avons besoin de savoir, pour rapporter ces animaux à l'embranchement des Rayonnés, c'est que le plan de leur structure présente en général la disposition rayonnée.

Mais, quand nous voudrons distinguer, comme classes, les Polypes, les Acalèphes et les Échinodermes, ou plutôt quand nous voudrons déterminer exactement ce que sont les classes, parmi les Rayonnés, et combien il y en a, ce qu'il faudra chercher, c'est la manière dont l'idée de rayonnement, fondamentale dans le plan de leur structure, est réalisée en acte, exprimée, dans tous les animaux qui la présentent. Voici alors ce qu'il est facile d'observer : Chez quelques-uns (les Polypes), il existe dans le corps une vaste cavité, divisée, par des cloisons rayonnées, en un certain nombre de compartiments. Dans cette cavité pend un sac (l'appareil digestif) ouvert inférieurement, de façon à verser le produit de la digestion dans la cavité principale, d'où l'action de cils vibratiles le fait circuler, deci et delà, dans tous les compartiments. Chez d'autres (les Acalèphes), le corps forme une masse compacte qu'on peut comparer à un sac creux, traversé dans son épaisseur par des tubes rayonnés partant du vide central (la cavité digestive), et sans libre communication l'un avec l'autre dans toute leur longueur, etc. Chez d'autres encore (les Échinodermes), le corps possède une enveloppe coriace ou rigide, qui renferme une vaste cavité dans laquelle sont contenus une certaine variété de systèmes distincts d'organes, etc.

Sans entrer ici dans une description complète de ces classes, je crois pouvoir affirmer que ce qui en fait le caractère

positif, ce n'est pas la complication de la structure (les Méduses Hydroïdes sont, en effet, d'une structure à peine plus compliquée que celle des Polypes), c'est la manière dont le plan des Rayonnés est réalisé, les voies par lesquelles la vie est entretenue dans ces animaux, et les moyens appliqués à cette fin; en un mot, ce sont les combinaisons des éléments de la structure.

Mais du moment où il s'agira de discerner ce que sont les ordres, dans ces classes, ces considérations ne seront plus suffisantes. Il faudra regarder la structure sous un autre jour, et désormais c'est la complication des appareils qui nous servira de guide. La différence des Actinaires et des Halcyonaires, comme ordres, parmi les Polypes, c'est que les premiers possèdent un nombre considérable, et le plus souvent même indéfini, de tentacules simples, un nombre également considérable de divisions intestinales, etc., tandis que les huit tentacules des Halcyonaires sont lobées et compliquées, que toutes les parties en sont combinées par paires, en nombre défini, etc. Ces différences obligent à leur attribuer une place à part dans leur classe et assignent aux derniers un rang plus élevé qu'aux premiers.

Donc, en conséquence des observations qui précèdent, les classes doivent être déterminées par la façon dont le plan typique est exécuté, par les voies et moyens suivant lesquels il se réalise ou, en d'autres termes, par les combinaisons des éléments de la structure, c'est-à-dire par les combinaisons produites au moyen des systèmes organiques qui constituent l'être construit sur un plan donné. Nous n'avons point à considérer ici les formes variées sous lesquelles la structure a pris corps, ni les détails extrêmes, ni le degré de fini que la structure elle-même peut offrir.

Il y a encore, à l'égard des caractères de la classe, un autre point sur lequel je voudrais appeler l'attention. Généralement on représente ces grandes divisions, — si importantes pour l'étude du règne animal, que la connaissance de leurs traits essentiels est à bon droit réputée l'objet primordial de toutes les recherches d'anatomie comparée, — comme manifestant quelque modification essentielle du type auquel elles appartiennent. Encore une fois, c'est là une manière de voir erronée, et sans doute le résultat d'une fausse appréciation des faits. Déjà Cuvier avait appelé l'attention sur ce point, mais ses avertissements sont passés inaperçus. En réalité, il n'y a aucune différence dans le plan des animaux qui appartiennent à des classes diverses d'un même embranchement. Le plan de la structure des Polypes n'est pas plus une modification de celui des Acalèphes, que celui des Acalèphes ou des Échinodermes n'en est une du plan des Polypes. Le plan est exactement le même dans les trois groupes; il peut être représenté par un simple diagramme, exprimé par un seul mot : *rayonnement*; c'est la manifestation d'une seule idée distincte, d'une seule idée caractéristique. Seulement cette idée se présente dans la nature sous les formes les plus nombreuses ; elle est exprimée de façons très-diverses, par des combinaisons extrêmement diversifiées de modifications dans la structure, et avec les relations les plus variées. Dans les innombrables représentants de chaque grand type du règne, ce n'est pas le plan qui diffère, mais bien la manière dont ce plan est exécuté. De même que les variations faites par un habile artiste sur le thème le plus simple ne sont pas des modifications du thème lui-même, mais seulement des expressions différentes d'un accord fondamental unique; de même les classes, les ordres, les familles, les espèces ne sont pas des modifications, mais seulement des expressions différentes du plan, les différentes manières dont la pensée fondamentale, ou le plan, a pris corps et se manifeste dans la variété des êtres vivants.

Dans l'étude des caractères des classes, nous avons à tenir compte des traits de la structure ; mais quand nous recherchons quelle est la nature des classes, par rapport aux embranchements, nous n'avons à considérer que le plan, que la charpente, pour ainsi dire, de la structure. Cette distinction a, dans la pratique, un résultat d'une grande importance. Au commencement de ce siècle, les naturalistes, suivant l'exemple donné par les physiophilosophes allemands, se mirent à comparer de plus près la structure des différentes classes du règne animal. Ils notèrent entre elles beaucoup de points de ressemblance qui avaient échappés aux observateurs précédents. Des modifications de la structure qui, au premier abord, n'offraient aucune ressemblance, furent reconnues identiques. Bref, peu à peu, ce genre de comparaisons s'étant étendu au règne animal tout entier, on en vint à affirmer que, malgré les diversités apparentes de leur organisation, les animaux devaient être regardés comme composés de parties essentiellement les mêmes. Cette prétendue identité reçut le nom d'homologie. Mais les progrès de la science resserrèrent graduellement ces comparaisons dans des bornes de plus en plus restreintes, et il paraît clairement aujourd'hui qu'il ne peut pas y avoir homologie dans la structure des animaux lorsque ceux-ci n'appartiennent pas au même embranchement. C'est à ce point que l'étude des homologies fournit, à elle seule, un des moyens les plus sûrs de vérifier les limites naturelles de n'importe quel embranchement du règne animal. L'homologie, donc, prouve l'étroite parité qui existe entre des structures en apparence très-différentes; elles indiquent la parfaite identité du plan de ces structures dans un même embranchement. Mais, d'un autre côté, elles font ressortir, d'une manière chaque jour plus frappante, la différence existant, et dans le plan et dans la structure, entre les embranchements eux-mêmes. Elles font naître la pensée que des systèmes d'organes, généralement considérés comme identiques dans des embranchements différents, seront à la fin reconnus comme essentiellement divers; par exemple, ce qu'on appelle les branchies chez les Poissons, chez les Crustacés et chez les Mollusques.

Il ne faut pas une grande pénétration pour voir aujourd'hui que les branchies des Crustacés sont homologues aux trachées des Insectes et aux soi-disant poumons de certaines araignées, de même que les branchies des Mollusques aquatiques sont homologues aux soi-disant poumons des limaces et des limaçons à respiration aérienne. Donc, à moins qu'on ne démontre que ces organes respiratoires différents sont véritablement tous homologues, j'estime qu'il sera plus naturel de considérer le système des organes respiratoires des Mollusques, celui des Articulés et celui des Vertébrés, comme essentiellement divers par eux-mêmes, quoique homologues dans la sphère de chaque embranchement. J'étendrai même cette observation à tous les systèmes d'organes de ces animaux : à leur charpente solide, à leur système nerveux, à leur système musculaire, à l'appareil digestif, à celui de la circulation, aux organes reproducteurs, etc. Il n'est pas difficile aujourd'hui de faire voir que le canal alimentaire avec ses appendices glandulaires est formé, chez les Vertébrés, d'une tout autre façon que chez les Articulés ou les Mollusques, et qu'il est im-

possible de le considérer comme homologue dans ces trois types. Or, si cela est vrai, on doit s'attendre avant peu à une réforme complète des méthodes d'exposition de l'anatomie comparée.

Enfin, il importe de se rappeler, pour l'étude des classes comme pour celle des autres groupes, que la somme des différences n'est pas toujours égale entre deux divisions quelconques. Certains traits, dans la nature, semblent être plus tenaces, plus profondément gravés que d'autres, plus fréquemment et plus largement répétés, imprimés à un plus grand nombre de représentants. Cette valeur inégale des groupes divers, partout si évidente dans le règne animal, oblige à la plus grande prudence quand il s'agit d'en fixer les limites naturelles. C'est un avertissement de ne pas assigner une importance indue aux différences observées entre les êtres vivants, soit en surfaisant celles qui n'ont de grand que l'apparence, soit en dépréciant des variations qui semblent légères. La vérité, en ce cas, ne peut être trouvée qu'à force de recherches spécialement faites à ce point de vue particulier.

Tout le monde sait que les mâles et les femelles de quelques espèces diffèrent entre eux beaucoup plus que certaines espèces ne diffèrent l'une de l'autre (1). Or, c'est constamment la somme des différences observées entre deux espèces qu'on fait valoir, même sans plus d'examen, comme motif d'établir une séparation entre elles. Et pourtant, ces différences ne sont pas seulement quantitatives, elles sont aussi, et dans une forte mesure, qualitatives. Dans la famille, la différence entre les genres est aussi plus ou moins grande. C'est cette inégalité qui est la règle, et non pas l'uniformité de mesure. Pour les classes, la diversité ne se rencontre pas seulement dans les formes, elle règne encore et à un degré extraordinaire dans l'abondance numérique. Comparez, sous ce rapport, la classe des Insectes à celle des Vers ou des Crustacés. Même inégalité de répartition entre les groupes primaires. Les Articulés sont de beaucoup l'embranchement le plus populeux du règne animal, et le nombre des animaux de ce type dépasse grandement celui de tous les autres animaux réunis.

III. — Ordres

Si grandes que soient les divergences d'opinions à l'égard du nombre et des limites des classes, le désaccord en ce qui concerne les ordres et les familles est encore plus grand. A la façon dont on caractérise les ordres en général, et à voir comment on les introduit dans les systèmes zoologiques, il semblerait que cette sorte de groupe est indifféremment convertible en familles et réciproquement. La plupart des botanistes ne font aucune différence entre les uns et les autres, et prennent presque universellement ces deux expressions comme synonymes. Les zoologistes admettent plus généralement une différence entre elles ; mais les uns regardent les ordres comme supérieurs, tandis que les autres mettent les familles au premier rang. D'autres admettent les ordres sans distinguer en même temps les familles ou, *vice versâ*, introduisent celles-ci dans leurs classifications sans y admettre ceux-là. Quelques-uns, enfin, intercalent les tribus entre ces deux divisions. L'étudiant n'a besoin que de jeter un coup d'œil sur un traité général de Zoologie ou de Botanique pour se convaincre de l'arbitraire absolu qui prévaut à cet égard.

Le *Règne animal* de Cuvier lui-même présente cette singularité inexplicable qu'on y trouve : dans certaines classes, des ordres et des familles ; dans d'autres, des ordres seulement ; et enfin, dans quelques-unes, toute la série des genres sans les groupes intermédiaires. D'autres classifications présentent l'uniformité la plus pédantesque. Il y a, dans chaque classe, une succession régulière de sous-classes, d'ordres et de sous-ordres, de familles et de sous-familles, de tribus et de sous-tribus, de genres et de sous-genres, de divisions et de subdivisions, de sections et de sous-sections, etc., où il est impossible de ne pas lire, en toutes lettres, que ces systèmes sont le produit d'une idée préconçue de régularité et de symétrie.

Pour déduire légitimement les caractères des ordres, de traits spéciaux réellement fournis par la nature, j'ai examiné très-attentivement les divers systèmes zoologiques dans lesquels ce groupe a été admis et, en apparence, étudié avec plus de soin que partout ailleurs. Tels sont, en particulier, le *Systema naturæ* de Linné, premier introducteur de cette sorte d'agrégation dans la Zoologie, et l'œuvre de Cuvier, dans lequel les ordres sont fréquemment caractérisés avec une précision rare. Or, à ce que j'ai cru voir, partout où le mot n'a pas été employé au hasard, l'idée principale et toujours dominante est celle d'un rang défini. C'est l'intention de déterminer la place respective de ces divisions, de fixer leur infériorité ou leur supériorité relatives, ainsi que le mot *ordre*, adopté pour les désigner, l'implique par lui-même. Dans sa classification du règne animal, Linné donne au premier ordre de la première classe le nom de « *Primates* ». Il veut ainsi, à n'en pas douter, exprimer la conviction que ces êtres, du nombre desquels est l'Homme, ont le rang de beaucoup le plus élevé de leur classe. Blainville emploie fréquemment l'expression de « degrés d'organisation » pour désigner les ordres.

Il est vrai que Lamark se sert des mêmes termes pour désigner les classes. Nous trouvons donc, ici encore, le même vague dans la définition des groupes adoptés. Mais, si l'on veut faire disparaître entièrement l'arbitraire dans l'emploi de ces termes et leur assigner une signification scientifique exacte, voici ce qui me semble le plus naturel : c'est, d'accord avec la pratique des observateurs du règne animal qui ont le plus approché de la vérité, d'appeler ordres certaines agrégations ayant pour caractère d'exprimer les divers degrés de complication de la structure, dans les limites de la classe. C'est ainsi que j'envisage, par exemple, les Actinoïdes et les Halcyonoïdes, dans la classe des Polypes, telle qu'elle a été circonscrite par Dana ; les Hydroïdes, les Discophores et les Cténophores, dans celle des Acalèphes ; les Crinoïdes, les Astérioïdes, les Échinoïdes et les Holothuries dans celle des Échinodermes ; — les Bryozoaires, les Brachiopodes, les Tuniciers, les Lamellibranches dans la classe des Acéphales ; — les Branchifères et les Pulmonés dans celle des Gastéropodes ; — les Ophidiens, les Sauriens et les Chéloniens dans celle des Reptiles ; — les Ichthyoïdes et les Anoures dans celle des Amphibiens, etc.

Après ces remarques, on pourrait conclure que je nie toute gradation entre les autres groupes et que, pour moi, les ordres constituent nécessairement une série simple dans chaque classe. Loin d'affirmer rien de semblable, je crois au contraire que ni l'une ni l'autre de ces deux propositions n'est nécessairement vraie. Il va de soi, en effet, qu'il existe une hiérarchie entre les différentes catégories de groupe admises

(1) Voyez notre tome V, page 676, 19 septembre 1868.

nos systèmes et correspondantes aux diverses catégories nité qu'on observe entre les animaux. Les embranche- s sont les divisions les plus compréhensibles et renfer- chacun plusieurs classes ; les ordres sont des subdivi- des classes ; les familles, des subdivisions des ordres ; nres, des subdivisions des familles ; les espèces, des sub- ons des genres. Mais cela ne signifie point que chaque nchement doive nécessairement renfermer le même re de classes ou même simplement plusieurs classes; dépend, en effet, absolument de la manière dont le plan xécuté. De plus, une classe peut fort bien ne pas con- un seul ordre (1), si ses représentants ne forment pas échelle dont chaque degré exprime une complication ou moins grande de la structure. De fait, elle en con- ra beaucoup ou très-peu, suivant que ces degrés seront ou moins nombreux, plus ou moins tranchés. Mais ne les représentants d'une classe quelconque ont, de nécessité, une forme définie, chaque classe compte au s une famille, sinon plusieurs. En somme, elle en tera autant qu'il y a de systèmes de formes parmi ses sentants, pour peu qu'il soit démontré que la forme est téristique de la famille. Même chose arrivera pour les s et pour les espèces. On aurait tort de croire que plus nre renferme d'espèces et mieux il est défini, ou qu'il écessaire, avant de pouvoir affirmer l'existence d'un , d'en connaître plusieurs espèces. Rien n'est plus né de la vérité. Sans doute, un genre peut être caracté- 'une façon plus satisfaisante, les particularités peuvent re plus complétement reconnues, la limite mieux dé- quand on en connaît tous les représentants. Je n'en suis moins convaincu que tout genre naturel peut être au s indiqué, si nombreuses qu'y soient les espèces, par men d'une seule d'entre elles. Au surplus, dans les deux es organiques, le nombre de ceux qui contiennent seule- t une espèce est tellement grand, que force est bien, ce cas, de déterminer les caractères génériques d'après ce unique. Mais il n'en est pas moins nécessaire de tériser cette espèce avec autant de précision, d'en e les particularités spécifiques avec autant de minutie 'il en existait, en outre, une multitude d'autres échap- à notre connaissance. C'est, parmi les zoologistes et les istes, une pratique très-condamnable que de se conten- n pareille occurrence, de la diagnose du genre. En vain ues auteurs ont très-positivement affirmé que, dans ce es caractères du genre et ceux de l'espèce sont iden- . C'est une erreur complète.

là bien les relations naturelles et la subordination des anchements, des classes, des ordres, des familles, des s et des espèces. Néanmoins, je crois que ni les em- hements, ni les classes (pour les ordres, cela ne peut ire de doute), ni les familles, ni les genres, ni les espè- ont le même rang quand on les compare entre eux dans roupe respectif. Mais cela ne touche en rien à ce qui trait saillant des ordres. En effet, la place relative des nchements ou des classes, des familles, des genres, des s, ne dépend en aucune façon du degré de complication structure, comme cela a lieu pour les ordres; elle est minée par des traits entièrement différents.

quatre grands embranchements du règne tirant leur caractère de quatre plans différents de structure, peuvent être plus ou moins élevés, suivant la supériorité ou l'infériorité des plans eux-mêmes; il suffit de comparer les Vertébrés aux Rayonnés pour voir que les choses peuvent en effet être ainsi. Les diverses classes d'un seul embranchement seront supé- rieures ou inférieures, suivant que les voies et moyens à l'aide desquels le plan typique a été réalisé, seront l'un ou l'autre. Dans une classe quelconque, ou dans toutes les classes, les ordres se rangeront tout naturellement d'après le degré de perfection des organismes qui les représentent, c'est-à-dire suivant la complication ou la simplicité de leur structure. Les familles occuperont une place plus ou moins haute, selon que les particularités de la forme y seront produites par les modifications de systèmes organiques plus ou moins impor- tants. Les genres se placeront plus haut ou plus bas, parce que les particularités de la structure, dans les parties d'où l'on tire les caractères génériques, présenteront un plus ou moins haut degré de développement. Enfin, les espèces seront supérieures les unes aux autres, dans le même genre, selon le caractère de leurs relations avec le monde ambiant ou celui des rapports de leurs représentants entre eux. D'après ces remarques, il devient évident que le rang respectif des groupes de même catégorie, comparés entre eux, doit être déterminé par la supériorité relative des traits spéciaux sur lesquels est basée leur propre constitution. Seuls, les ordres sont strictement définis par le degré naturel de com- plication présenté, dans les limites de la classe, par la struc- ture.

Quant à savoir si les ordres constituent nécessairement une série simple dans leurs classes respectives, je dirai que cela dépendra du caractère de la classe elle-même; c'est-à- dire de la manière dont le plan typique a été exécuté. Si la classe est homogène, c'est-à-dire s'il n'y a pas lieu à la diviser dès le principe en sous-classes, les ordres formeront tout na- turellement une série simple. Mais si quelques systèmes d'or- ganes sont développés d'une manière différente des autres, il pourra y avoir une ou plusieurs séries parallèles, dont cha- cune aura des ordres pour éléments. Evidemment, un pareil fait ne pourra être reconnu qu'au moyen d'une étude des caractères propres à la classe, beaucoup plus minutieuse que celle qu'on en a faite jusqu'ici. Les tentatives pour dis- poser intérieurement les classes en séries, comme celles de Kaup ou de Fitzinger, ne sont guère que de pures conjec- tures ayant pour but d'estimer la valeur relative des divisions intermédiaires qui pourraient exister entre les classes et leurs ordres.

Oken et les physio-philosophes en général ont à l'égard des ordres une manière de voir toute différente. L'idée qu'ils s'en font est celle-ci : les ordres représentent, dans leurs classes respectives, les traits caractéristiques des autres types, ou em- branchements, du Règne animal. Ainsi, les animaux *Intes- tinaux* ou *Gélatineux* d'Oken n'étant caractérisés que par un seul système d'organes, l'intestin, ne contiennent aucun ordre distinct; mais chaque classe a trois tribus qui correspondent aux trois classes du type, c'est-à-dire aux Infusoires, aux Po- lypes et aux Acalèphes. Les tribus de la classe des Infusoires sont : les Infusoires vrais, les Infusoires polypoïdes et les Infusoires acaléphoïdes; celles de la classe des Polypes : les Polypes infusoridés, les Polypes vrais et les Polypes acalé- phoïdes; et la classe des Acalèphes contient : les Acalèphes infusoridés, les Acalèphes polypoïdes et les Acalèphes vrais.

(1) Voyez notre tome V, page 345, 2 mai 1868.

Le type des Mollusques étant, suivant l'auteur, caractérisé par deux systèmes d'organes, l'intestin et l'appareil vasculaire, les classes des Mollusques possèdent chacune deux ordres. L'un correspond aux Animaux intestinaux, l'autre au type des Mollusques et, partant, les Acéphales comprennent l'ordre des Acéphales gélatineux et celui des Acéphales molluscoïdes; les Gastéropodes et les Céphalopodes sont, de la même manière, scindés en deux. Les Articulés sont considérés comme représentant trois systèmes d'organes : appareil intestinal, appareil vasculaire, appareil respiratoire; par suite, chaque classe est divisée en trois ordres et il y a, dans les Vers, l'ordre des Vers gélatineux, celui des Vers molluscoïdes et celui des Vers annelés. Les mêmes divisions sont adoptées pour les Crustacés et les Insectes. Les Vertébrés ont, d'après la théorie, cinq systèmes, trois inférieurs : l'intestinal, le vasculaire, le respiratoire ; deux supérieurs : celui de la *chair* (os, muscles et nerfs) et celui des organes des sens. En conséquence, chaque classe du type renferme cinq ordres, et il y a, par exemple, des Poissons gélatineux, des Poissons molluscoïdes, des Poissons entomoïdes, des Poissons charnels et des Poissons sensuels; il en est de même pour les classes des Reptiles, des Oiseaux et des Mammifères.

IV. — Familles

Rien de moins bien défini que l'idée de forme telle que les systématisateurs la font servir à caractériser les animaux. Tantôt cela signifie un système de figures extrêmement diverses, mais ayant toutes un caractère commun; c'est ainsi qu'on dit des Zoophytes qu'ils ont la forme rayonnée. Tantôt, c'est tout trait extérieur limitant le corps de l'animal, par exemple, quand on dit : les formes animales en général, au lieu de dire simplement : les animaux. Tantôt encore, on entend par là la figure de quelque espèce individuelle. En fait, il n'y a pas dans le Règne animal un seul groupe, étendu ou restreint, depuis l'embranchement jusqu'à l'espèce, dans lequel il ne soit occasionnellement question de la forme comme fournissant un caractère. C. E. von Baer, parlant des Articulés, les caractérise d'un mot : le type à formes allongées; les Mollusques sont le type à formes massives; les Rayonnés, le type à symétrie périphérique; les Vertébrés, le type à symétrie double. Évidemment Baer prend ce mot dans l'acception la plus large, et comme exprimant les relations les plus générales qu'ont entre elles les dimensions du corps. Cuvier parle vaguement de la forme, à propos de ses quatre grands embranchements, comme d'une sorte de moule, pour ainsi dire, dans lequel les différents types auraient été coulés. Il en est aussi question pour caractériser les ordres; par exemple pour distinguer, parmi les Crustacés, les Brachyures des Macroures et pour distinguer encore les Ophidiens, les Sauriens et les Chéloniens. On la cite comme un trait distinctif dans plusieurs familles : les Cétacés, les Chauves-Souris, etc. C'est par elle que dans une même famille sont établies les différences qui séparent certains genres des autres; et il n'y a peut-être pas une description d'espèce, surtout lorsque l'espèce est considérée isolément, où la forme ne soit indiquée par le menu. N'y a-t-il pas dans cet emploi indistinct d'un même terme une confusion d'idées, un défaut de précision dans la détermination de ce qui *doit* être appelé forme et de ce qui pourrait recevoir un autre nom?

Et d'abord, quand on considère la forme comme caractéristique des Rayonnés, des Articulés ou de quelque autre des grands embranchements du Règne, il est évident qu'on ne veut pas désigner par là un certain trait extérieur défini, une figure parfaitement déterminée, mais que cette expression est alors synonyme de plan. En effet, qui pourrait songer à dire que le corps tubulaire d'une Holothurie offre, comme caractère, une ressemblance de forme avec le corps de l'Euryale? Comment établir l'identité, à cet égard, d'un *Echinus* et d'une Astérie? Qui ne voit que, pour ce qui est de la forme, l'Holothurie ressemble aux Vers plus qu'à n'importe quel Échinoderme, tandis que, en ce qui concerne la structure, c'est bien véritablement un animal Rayonné, qui n'a rien de commun avec les Articulés?

D'ailleurs, il suffit de jeter un coup d'œil, même superficiel, sur l'une ou l'autre des classes du Règne animal, pour s'apercevoir que chacune d'elles renferme des animaux de formes extraordinairement diverses. Se peut-il quelque chose de plus différent que les Chauves-Souris et les Baleines, les Hérons et les Perroquets, les Grenouilles et les Sirènes, les Anguilles et les Turbots, les Papillons et les Punaises, les Homards et les Bernacles, le Nautile et les Calmars, les Limaces et les Conchifères, les Huîtres et les Ascidies composées, le Pentacrinus et le Spatange, le Béroé et la Physalie, l'Actinie et la Gorgone ? Et cependant ces animaux, pris comme je viens de les citer, deux à deux, appartiennent à la même classe.

Mais la forme a une signification déterminée, partout comprise, quand on applique le terme à des animaux bien connus. Ainsi, on dit la forme humaine; une allusion à la forme du Cheval ou à celle du Bœuf fait naître à l'esprit une idée distincte. Tout le monde reconnaît que la forme de l'Ane est semblable à celle du Cheval, et sait distinguer, par leur forme, ces animaux des Chiens ou des Chats, des Phoques ou des Marsouins. Ainsi comprise et définie, la forme correspond aussi à ce qu'on appelle *le port* quand on parle de l'Homme et de la Femme. C'est dans ce sens exclusif que je vais maintenant examiner quelle est sa valeur comme caractéristique d'animaux différents. On vient de voir qu'elle ne pouvait pas être mise au nombre des caractères de l'embranchement ou de la classe, il faut examiner maintenant si elle peut en fournir un pour l'espèce. Une rapide revue de quelques-uns des types les mieux connus du Règne animal, embrassant des genres bien définis dont chacun compte plusieurs espèces, montrera de suite que la chose est impossible, car ces espèces, en général, ne présentent pas la moindre différence à cet égard. Ni les nombreux Écureuils, ni les vraies Souris, ni les Belettes, ni les Ours, ni les Aigles, ni les Faucons, ni les Éperviers, ni les Passereaux, ni les vrais Pics, ni les vrais Lézards, ni les Grenouilles, ni les Crapauds, ni les Raies, ni les Requins proprement dits, ni les Turbots, ni les Soles, ni les Anguilles, ni les Maquereaux, ni les Chaboisseaux, ni les vraies Crevettes, ni les Écrevisses, ni les Sphinx, ni les Géomètres, ni les Hannetons, ni les Taupins, ni les Ténias, ni les Calmars, ni les Limaçons, ni les vraies Astéries, ni les Anémones de mer, ne peuvent être distingués l'un de l'autre par la forme seulement. Il peut y avoir entre eux des différences dans les proportions des parties, mais le patron de toutes les espèces appartenant à un genre bien défini est si complétement identique que jamais on n'en peut tirer les caractères spécifiques. Il y a, dans les systèmes zoologiques, des genres qui, tels qu'ils sont maintenant établis, pourraient être cités comme exemples du contraire. Mais ces genres sont fondés sur des traits

nent encore lieu à discussion, et vraisemblablement a par découvrir qu'ils ne sont qu'une association forspèces hétérogènes. En tout cas, les progrès récents de ogie ont conduit graduellement à limiter de plus en groupes de cette catégorie. Les espèces appartenant ne genre montrent de moins en moins une différence ne et doivent finir par présenter à cet égard une même nomie.

genres naturels se distinguent-ils davantage par ce Y a-t-il une certaine différence appréciable, dans la générale, entre les genres des familles les plus natu- — je dis avec intention la forme générale, car un mu- us ou moins saillant, des oreilles plus petites ou plus s, des griffes plus courtes ou plus longues, etc., ne nt pas essentiellement la forme. Est-ce que, par e, les Ours, les Blaireaux, les Gloutons, les Ratons, ces de la famille des Ursins, diffèrent par la forme? Les dés, les Delphinoïdés, les Falconidés, les Turdinés, les linés, les Picinés, les Scolopacinés, les Chélonioïdés, konins, les Colubrins, les Sparoïdés, les Élatéridés, les oïdés, les Échinoïdés, etc., présentent-ils, entre eux, diversité sous ce rapport? Assurément non. Il est bien e, dans une certaine mesure, il y a des différences en- représentants d'un genre comparés à ceux d'un autre mais à bien considérer, ce ne sont là, au fond, que des ations d'un modèle-type. Tout comme il y a des ellip- ou moins allongées, nous voyons que les Blaireaux orme plus ramassée que les Ours, les Ratons, ou les s, que ces derniers sont plus allongés que les Ratons; ez les uns et chez les autres il y a, dans l'ensemble ts, quelque chose d'aussi absolument typique que ce découvre chez les Viverrins, ou chez les Canins, les odidés, les Delphinoïdés, etc. On doit par conséquent comprendre la forme au nombre des traits caractéris- d'un genre naturel, ou tout au moins ne l'y introduire re de modification du type extérieur des familles na- s.

, de tous les groupes naturels du Règne animal, il ne lus que les familles et les ordres à la distinction des- n puisse employer la forme comme critérium efficace. s deux sortes de groupes sont précisément ceux sur les- s zoologistes sont le moins d'accord, si bien que diffi- it trouverait-on une division que les naturalistes vou- , d'une entente unanime, accepter comme exemple dre naturel. Supposons, pour un instant, que ce que us avons dit plus haut à l'égard des ordres est bien Dès lors, il nous sera plus aisé d'en indiquer un petit e susceptibles d'être acceptés par tous comme naturels. les Reptiles, les Chéloniens constituent un ordre natu- même les Raies et les Requins, parmi les Poissons. quelqu'un soutient la nécessité de joindre à ces der- s Cyclostomes, ce n'en sera que mieux pour mon des- es Ganoïdes, même circonscrits dans les limites plus que celles que je leur ai assignées, et peut-être en uisant au groupe restreint proposé par J. Müller, pour- core nous servir d'exemple. Tout le monde reconnai- crois, les Décapodes comme un ordre naturel de la les Crustacés, et il m'est indifférent que d'autres famil- soient annexées pour compléter l'ordre le plus élevé asse. On considérera comme tels, je n'en doute pas, ozoaires, les Tuniciers, les Brachiopodes, les Lamelli-branches, dans la classe des Acéphales. On m'accordera non moins aisément que les Crinoïdes, les Astérioïdes, les Échinoïdes et les Holothurioïdes sont, parmi les Échinodermes, des groupes de cette catégorie; de même, parmi les Acalèphes, les Béroïdes et peut-être les Discophores et les Hydroïdes, et encore, parmi les Polypes, les Halcyonoïdes par opposition aux Actinoïdes.

Examinons ces ordres au point de vue des formes caractéristiques qu'ils comprennent. Les formes des Testudo vrais, des Trionyx, des Chelonia, sont très-différentes, et cependant peu d'ordres sont aussi bien circonscrits que celui des Chéloniens. La classe entière des Poissons fournirait difficilement des différences de forme plus grandes que celles qui s'observent entre les Requins ordinaires, les Scies, les Raies communes et les Torpilles, sans parler des Cyclostomes et des Myxinoïdes, à supposer qu'on veuille aussi ranger ces deux familles dans l'ordre des Placoïdes. Il est impossible de restreindre les Ganoïdes dans des limites plus étroites que celles proposées par J. Müller. Cependant, même ainsi circonscrit, cet ordre contient des formes aussi disparates que celles des Esturgeons, des Lépidostées, des Polyptères, des Amies, et d'une légion de genres et de familles éteints. Les familles que je leur ai associées et que le professeur Müller en sépare, si on les comprenait parmi les Ganoïdes, augmenteraient encore les éléments hétéromorphes de cet ordre. Parmi les Décapodes, il suffit de rappeler les Homards et les Crabes pour convaincre que ce n'est pas la ressemblance des formes qui les réunit dans le même groupe naturel. Et quelle disparité, sous ce rapport, chez les Bryozoaires, les Brachiopodes et les Tuniciers!

A moins donc que la forme ne soit chose trop vague pour pouvoir caractériser un groupe quelconque dans tout le Règne animal, il faut bien qu'elle soit le trait saillant de la famille. J'ai déjà fait remarquer que les ordres et les familles sont les groupes sur lesquels les zoologistes sont le moins d'accord, à l'étude et à la caractérisation desquels ils ont donné le moins d'attention. Cela ne viendrait-il pas simplement de ce que, d'une part, on n'a pas compris la différence qui existe entre les caractères de l'ordre et ceux de la classe, n'y voyant qu'une question de degré, et, d'autre part, on a méconnu l'importance de la forme comme caractère prédominant des familles? En effet, très-peu de familles animales sont bien caractérisées ou même simplement caractérisées; néanmoins, on ne peut pas ouvrir un ouvrage moderne de zoologie consacré à une classe quelconque, sans y trouver les genres rassemblés en plus ou moins grand nombre sous le titre d'un nom générique à terminaison en *idés* ou *inés*, qui indique la distinction de familles et de sous-familles. Or, la plupart de ces groupes, quoique de valeur inégale à un point de vue absolu, sont positivement naturels, encore qu'ils soient bien loin de représenter toujours des familles, et constituent le plus souvent des ordres et des sous-ordres. Ils portent ainsi témoignage de la facilité qu'il y a à former, presque sans études, les groupes intermédiaires entre les classes et les genres. Cela vient, dans mon opinion, de ce que la ressemblance de famille est, dans le Règne animal, exprimée d'une manière très-frappante par la forme, et de ce que la forme est un élément qui tombe aisément sous les sens, même d'un observateur superficiel. Mais, en même temps, c'est chose très-difficile à décrire exactement; c'est pourquoi la plupart des familles sont mal caractérisées, et l'on substitue constam-

ment aux particularités spéciales et exclusives de ce groupe des traits qui ne lui sont point essentiels. J'en appelle à l'expérience des naturalistes. Quand nous voyons un nouvel animal, est-ce que le premier coup d'œil, c'est-à-dire la première impression faite sur nous par sa forme, ne fait pas naître immédiatement en nous une idée exacte de sa parenté la plus proche? Avant tout examen de sa structure, nous apercevons si un Escarbot est un Carabicin, un Longicorne; un Élatéridé, un Curculionide, un Chrysomélin; si un Lépidoptère est une Noctuélite, une Géométride, une Pyralide; si un Oiseau est une Colombe, une Hirondelle, un Oiseau-Mouche, une Pie, une Bécasse, un Héron, etc. Tandis que, avant de pouvoir déterminer le genre d'un de ces animaux, il nous faut étudier la structure de quelques parties caractéristiques; avant de combiner les familles en groupes naturels, nous avons à faire un examen approfondi de la structure tout entière et à comparer sous ce rapport une famille avec toutes les autres. Ainsi c'est la forme qui caractérise *essentiellement* les familles. Je ne dis pas les contours extérieurs, mais la forme telle qu'elle résulte de la structure; ce qui signifie que les familles ne peuvent pas être bien définies, sans un examen approfondi de tous ces traits de la structure intérieure qui se combinent pour déterminer la forme.

J'ajouterai seulement que si, tout d'abord et sans difficulté, l'impression générale faite sur nous par la forme des animaux nous met sur la voie de ce que nous devons appeler leurs familles, on ne parvient que lentement à déterminer la portée naturelle des modifications d'un type de forme quelconque et les particularités de structure qui en sont le fondement. Peu d'études exigent d'aussi patientes comparaisons. L'anatomie comparée a laissé complétement de côté tout ce qui se rattache à la morphologie; les investigations des anatomistes tendent trop uniformément à une appréciation générale des connexions ou des homologies présentées par les systèmes organiques. Aussi, lorsqu'on s'applique à bien saisir la valeur des formes, et leur fondement véritable, cette science fournit à peine un renseignement, si ce n'est, quelques considérations sur les relations téléologiques des organes.

Après cette discussion, il est à peine nécessaire d'ajouter que les familles ne peuvent, en aucune façon, être regardées comme les modifications de l'ordre auquel elles appartiennent, puisque les ordres sont caractérisés par la complication de la structure et les familles par la forme. Je ferai remarquer, d'ailleurs, qu'il y a, en ce qui concerne la forme des animaux, un point auquel je n'ai pas touché ici, et qu'il serait plus important encore d'examiner s'il s'agissait des plantes : c'est le mode d'association des individus faisant partie d'une communauté plus ou moins nombreuse, comme cela s'observe particulièrement chez les Polypes et chez les Acalèphes. Ces agrégations n'ont pas, au point de vue de la forme, la même importance que les individus simples qui les composent, et, par conséquent, elles peuvent rarement fournir des caractères de famille dignes de confiance.

Les botanistes ont défini les familles naturelles des végétaux avec plus de précision que les zoologistes n'ont su le faire pour celle des animaux; mais la plupart d'entre eux ne font pas de distinction entre les ordres et les familles. Le caractère particulier du règne végétal en est sans doute la cause; ce règne, en effet, n'est pas établi sur des plans de structure aussi complétement différents que ceux des divers embranchements zoologiques. Au contraire, il est possible de tracer parmi les plantes une certaine gradation, et il est plus facile que dans le règne animal de s'élever progressivement d'un type inférieur à un type supérieur bien distinct; quoique les végétaux, pas plus que les animaux, ne constituent une série simple. Il me paraît, néanmoins, que si les Cryptogames, les Gymnospermes, les Monocotylédonées et les Dicotylédonées peuvent être considérées comme des embranchements du règne végétal, analogues aux Rayonnés, aux Mollusques, aux Articulés et aux Vertébrés parmi les animaux, des divisions comme celles des Fungus, des Algues, des Lichens, des Mousses, des Hépatiques, des Fougères, dans l'acception la plus large, pourraient être envisagées comme des classes. Les Diatomacées, les Conferves, les Fucus, seraient des ordres; les Mousses et les Hépatiques des ordres; les Équisétacées, les Fougères proprement dites, les Hydroptérides et les Lycopodiacées des ordres encore. Toutes ces plantes présentent, en effet, différents degrés de complication dans la structure. C'est, au contraire, par la forme ou le port que se rapprochent le plus leurs subdivisions naturelles, qui peuvent être regardées comme des familles. Les familles naturelles végétales se distinguent généralement par le port, comme les familles animales par la forme. On n'a qu'à voir les Palmiers, les Conifères, les Ombellifères, les Composées, les Légumineuses, les Labiées, etc.

V. — Genres

Linné savait déjà fort bien que les genres existent dans la nature. Cependant il appelle genres des groupes à beaucoup desquels nous donnons un autre nom et dont quelques-uns doivent être regardés comme des familles. Il n'en demeure pas moins prouvé, par ses œuvres même, qu'il était pleinement convaincu de la réalité de cette sorte de groupe.

Mais cela n'a pas empêché les idées les plus vagues de prévaloir à ce sujet. Bien petit est le nombre des observateurs qui, de nos jours, croient positivement à la réalité des distinctions génériques instituées par eux. Quant à ce que sont les genres, la confusion est bien plus grande encore. Ceux qui n'ont point approfondi ce sujet semblent être arrivés à cette conclusion : les genres sont purement et simplement des groupes où sont réunies un certain nombre d'espèces possédant en commun quelques traits plus généraux que ceux qui distinguent chacune d'elles. Pour eux, par conséquent, nulle différence essentielle entre les caractères génériques et les caractères spécifiques; une seule espèce peut former un genre, pour peu que ses caractères ne soient pas tous conformes à ceux d'autres espèces, et plusieurs espèces en constituent un lorsque leurs caractères spécifiques présentent entre eux une certaine conformité. Loin d'admettre une semblable doctrine, je crois pouvoir démontrer que, pour grande ou petite que soit la différence observée entre deux espèces, en tant qu'espèces, elles peuvent constituer un genre naturel; il suffit qu'elles aient des caractères *génériques* identiques.

J'ai dit plus haut que, pour mieux connaître sur quoi étaient fondés les différents groupes adoptés dans les systèmes zoologiques, j'avais consulté les œuvres de certains auteurs, célèbres dans les annales de la science à cause du bonheur particulier avec lequel ils avaient caractérisé une catégorie spéciale de groupes. J'ai cité Latreille comme s'étant distingué, entre tous les zoologistes, par la précision avec laquelle il avait défini les genres des Crustacés et des Insectes. Il nous

n effet sur ces animaux l'ouvrage le plus étendu qui mot, que j'ai souvent entendu répéter par des ento-s qui avaient connu Latreille, fait très-exactement la signification qu'il attachait à l'idée de genre. A où il préparait le travail dont je viens de parler, il aucune occasion de se procurer des spécimens, éterminer parfaitement d'après la nature les parti-génériques des animaux qu'il décrivait. Pour cela, appel à ses confrères et les priait de contribuer à sa . Mais ce n'était pas pour accumuler des exemplaires tait tant d'activité à se procurer ces objets, car il tume de dire qu'il n'en avait besoin que « pour en les parties ». N'y a-t-il pas dans ce mot une sugges-naître, qui nous enseigne ce que sont les genres et nous devons les caractériser. N'est-ce pas la struc-ciale de telle ou telle partie qui caractérise les N'est-ce pas le fini de l'organisation, la perfection ers détails de la structure qui distingue un genre e genre ? Latreille, en indiquant ce dont il avait be-l'étude des genres, nous a donné la clef des rap-moniques qu'il y a entre eux. Les genres sont des l'animaux très-étroitement alliés, qui diffèrent, non me, non par les complications de la structure, mais nt par les détails infimes de la structure de quel-ties. C'est là, je crois, la meilleure définition qu'on donner. Ce qui les caractérise, ce ne sont pas cer-difications des traits qui sont propres à la famille, avons vu que le trait saillant et différentiel des fa-est la forme typique, et les genres d'une même fa-diffèrent pas du tout par la forme. Les genres ne non plus, tout simplement, une certaine formule préhensive que l'espèce, embrassant des caractères breux ou d'une importance plus grande. En effet, es d'un même genre naturel ne doivent présenter différence de structure, mais quelque chose qui ma-'une façon plus spéciale les relations que leurs repré-nt entre eux ou avec le monde ambiant. En un listinction spéciale des genres repose sur les der-ils de la structure.

L. Agassiz.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

III

isme et le rationalisme dans l'expérimentation siologique. — La critique expérimentale.

'expérimenter sur les êtres vivants, qui doit faire s leçons de cette année, n'est pas nouveau en lui-mme méthode générale d'investigation : il y a long-'on pratique la méthode expérimentale en chimie, que, dans les sciences qui étudient les corps bruts. pp'ication aux êtres vivants est toute récente ; là elle commence à peine à se produire, elle est encore dans l'enfance ; sa marche est hésitante, quelquefois même un peu désordonnée, parce qu'on n'a pas encore fixé ses procédés et établi les règles qui doivent la guider. Mais ces imperfections, inséparables des premiers débuts, disparaîtront plus tard, et l'expérimentation physiologique peut devenir et deviendra certainement aussi régulière que l'expérimentation physico-chimique.

En attendant, nous ne pouvons exposer ici une méthode d'expérimentation physiologique complète, coordonnée dans toutes ses parties, puisque cette méthode physiologique n'est pas encore constituée ; mais nous devons en préparer l'avénement. Pour hâter ce progrès si désirable, en même temps que pour faciliter dès aujourd'hui les expériences, et pour épargner aux jeunes physiologistes bien des tâtonnements et des erreurs faciles à éviter, il faut donc poser immédiatement quelques jalons, qui empêcheront certains écarts, guideront la marche des nouveaux venus dans la science, et serviront plus tard à tracer d'une manière définitive la route de l'expérimentation en déterminant ses directions générales.

Dans la leçon précédente, j'ai dit que nous ne pouvions connaître les fonctions des êtres vivants qu'en arrivant aux éléments organiques ultimes qui constituent, par leur réunion, les organes ou appareils du corps. En manifestant leurs propriétés spéciales, ces éléments produisent, par la juxtaposition et la réaction mutuelle de ces diverses propriétés les unes sur les autres, les séries de phénomènes complexes qu'on voit naître et se développer chez les êtres vivants.

Lorsque nous observons la manifestation de ces phénomènes dans l'ensemble d'un animal, nous ne savons pas d'abord à quoi les attribuer, leur cause nous échappe complétement. C'est ainsi que, n'apercevant pas leur explication dans les forces qui nous sont connues, nous sommes conduits à supposer une force spéciale et distincte, la force vitale, qui est chargée d'en rendre compte. Mais la force vitale, comprise dans ce sens, n'est qu'une hypothèse dont l'insuffisance nous apparaît bientôt, lorsqu'on suit les résultats de l'analyse physiologique. Cette analyse nous montre en effet, comme nous venons de le dire, que les phénomènes manifestés par un être vivant, par un animal, sont la conséquence des propriétés des éléments organiques qui le constituent, que les fonctions vitales résident en réalité dans ces éléments organiques et non dans l'ensemble de l'être. La question se déplace donc; ce n'est plus à l'être complexe tout entier, siége d'une force vitale imaginaire, qu'il faut nous adresser ; ce sont les éléments anatomiques qui doivent contenir la cause des phénomènes de la vie.

Mais les éléments anatomiques sont placés à l'intérieur de l'organisme ; dans l'état actuel des choses, nos moyens d'investigation ne peuvent donc les atteindre, nos regards ne peuvent traverser le corps pour voir ce qui s'y passe, et ils échapperaient par suite à nos études. L'expérimentation a pour but de supprimer cet obstacle ; elle s'introduit dans l'organisme, elle pénètre jusqu'à ses dernières profondeurs pour saisir le fonctionnement de ses diverses parties élémentaires et déterminer leur rôle dans les phénomènes de l'ensemble. Mais elle n'arrive pas d'emblée aux éléments, elle étudie d'abord ce qu'il y a de plus facile ; le mécanisme des grands systèmes d'organes, et des organes eux-mêmes, comme les fonctions des organes digestifs, du cœur, des artères, des vaisseaux lymphatiques, des veines, des nerfs et des muscles

---

(1) ...z ci-dessus pages 98 et 135, 16 et 30 janvier 1869, et les ...diqués à la note de renvoi page 98.

elle examine les tissus qui composent ces organes, scrute ces tissus eux-mêmes, et y poursuit les éléments anatomiques dont la réunion en plus ou grand nombre les constitue : fibres nerveuses ou musculaires, cellules épithéliales ou glandulaires, etc.

C'est aux éléments anatomiques qu'il faut donc finalement arriver, dans l'analyse physiologique d'un phénomène, pour atteindre l'explication de ce phénomène. Ainsi, quand on étudie une contraction musculaire, il faut chercher jusqu'à ce qu'on ait trouvé la raison d'action de la fibre contractile qui a produit ce mouvement; quand on observe un phénomène nerveux, par exemple, une sensation, un mouvement, il faut atteindre la fibre ou la cellule nerveuse qui en est le siége. Mais, si l'on doit aller jusqu'à l'élément anatomique, une fois arrivé là, il faut s'arrêter : les propriétés de cet élément anatomique sont la raison du phénomène. Nous ne pouvons rien chercher au delà sans dépasser les limites de la science et sans tomber dans des difficultés que nous n'avons aucun moyen de résoudre.

Le but de l'expérimentation physiologique, c'est donc de rechercher les propriétés des éléments chez les êtres vivants, et de rattacher ces propriétés intimes aux phénomènes complexes qui se manifestent dans l'ensemble de l'être.

Chez les corps bruts, l'étude des propriétés des éléments, qui est aussi le but de la science, est relativement simple : aussi l'expérimentation physico-chimique s'est-elle développée depuis longtemps. Chez les êtres vivants, au contraire, l'étude des éléments est bien plus difficile à cause de la grande complexité de ces éléments, de la diversité et de la délicatesse de leurs propriétés; c'est cette difficulté extrême qui explique l'état relativement peu avancé de l'expérimentation physiologique. Mais, quoique cette expérimentation soit très-difficile, nous ne devons pas moins l'employer, car il n'y a pas d'autre moyen de pénétrer le secret des phénomènes de l'organisme. Malgré les obstacles considérables que présente la pratique, nous devons donc marcher résolûment dans cette voie qui seule peut nous conduire à la découverte des lois de la vie.

Ces obstacles doivent d'autant moins nous arrêter ou décourager nos efforts, que le but de l'expérimentation est bien clair et bien net; il est absolument le même dans l'étude des êtres vivants que dans celle des corps bruts. D'un côté comme de l'autre, nous voulons déterminer les conditions sous lesquelles se manifestent les phénomènes de la matière.

L'analogie est complète, car la matière vivante, aussi bien que la matière brute, est inerte par elle-même ; elle ne manifeste ses propriétés que lorsqu'elle y est provoquée par l'influence de conditions déterminées et extérieures à elle. Parmi les circonstances ambiantes qui agissent sur une matière donnée, soit organisée, soit inorganique, pour produire la manifestation de ses propriétés ou l'apparition d'un phénomène, il s'agit donc toujours de *déterminer*, entre les circonstances accessoires qui entourent le corps, quelle est celle qui constitue la condition essentielle et nécessaire du phénomène, de telle sorte que celui-ci se produise toujours lorsque cette condition existe, et qu'il ne se produise jamais lorsqu'elle n'existe pas.

La découverte de cette condition élémentaire est le point capital de la science, car c'est seulement quand nous la connaissons que nous devenons maître du phénomène. Il suffit pour cela de faire naître ou d'écarter cette condition déterminante du phénomène.

Ce déterminisme expérimental ne soulève aucun doute pour la science des corps bruts. Lorsque nous savons que telle combinaison minérale se produit dans telles circonstances, personne ne conteste qu'elle se reproduira, si l'on réunit de nouveau les mêmes circonstances. Si l'on fait réagir de l'oxygène et de l'hydrogène en proportions convenables et dans les conditions reconnues nécessaires, tout le monde est sûr qu'on aura de l'eau, et qu'on n'en obtiendra pas si l'on ne remplit pas les conditions de l'expérience.

En physiologie, c'est exactement la même chose. Lorsqu'on a bien déterminé les conditions élémentaires d'un phénomène, il est certain qu'il se manifestera toutes les fois que les mêmes conditions se trouveront réunies, et que, si elles ne le sont pas, il ne se manifestera point. Donc, en réunissant ou en écartant ces conditions, on peut provoquer ou empêcher le phénomène au moment précis où on le veut. C'est là le point important, non-seulement pour la physiologie, mais aussi et surtout pour la médecine expérimentale, qui doit agir sur les états morbides. Or, cette science ne peut arriver à son but qu'à la condition de savoir faire jouer à son gré tous les ressorts de l'organisme, de manière à enrayer la marche des phénomènes morbides qu'elle veut détruire ou à provoquer au contraire l'apparition des phénomènes qu'elle veut entretenir.

Agir sur la nature, tel est le résultat le plus élevé de la science ; c'est le but même de l'homme, qui a le monde devant lui pour le conquérir et le soumettre à sa domination. Cette conquête du monde matériel, les sciences physico-chimiques l'ont entreprise et réalisée depuis longtemps dans leur domaine ; elles agissent tous les jours sur la nature par ces magnifiques applications à l'industrie qui ont pris particulièrement dans notre siècle un développement si considérable. La physiologie doit faire de même ; le champ qui est offert à sa conquête, c'est la nature vivante. Elle doit, comme je l'ai dit tout à l'heure, apprendre à faire jouer à sa volonté tous les ressorts, c'est-à-dire les éléments de l'organisme, à provoquer chez les êtres vivants la manifestation de leurs diverses propriétés, comme les sciences physico-chimiques s'emparent des forces de la nature brute pour les faire agir à notre gré. Elle atteindra ce but chez les êtres vivants, comme il l'est déjà en partie chez les corps bruts, par la connaissance des conditions essentielles de chaque phénomène.

Cette définition exacte des conditions dans lesquelles se manifeste un phénomène constitue ce que j'ai appelé le *déterminisme* du phénomène. Cette détermination des conditions doit être absolue par elle-même : si un phénomène se passait de la même manière, dans des conditions essentielles différentes, ou s'il variait lorsque les conditions restent invariables, il est clair qu'il n'y aurait plus de science possible ; car, ce serait admettre que des causes diverses produisent des résultats identiques, et que la même cause engendre des effets différents. Ce serait, en un mot, nier le principe même de la science, et prétendre que la nature vivante n'a pas de lois, car le premier caractère d'une loi est d'être invariable. La recherche de ces conditions essentielles d'existence des phénomènes, ou, en d'autres termes, des lois des phénomènes, forme le but de l'expérimentation, et l'art d'expérimenter consiste à se placer dans des circonstances telles que l'apparition ou la non-apparition du phénomène en soit la conséquence constante.

Dans les sciences physico-chimiques, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, l'expérimentation est très-avancée et l'art

périmentateur déjà fort perfectionné. Mais nous savons u'il est bien loin d'en être de même dans les sciences ie. Quand un physicien ou un chimiste fait une expé- il sait exactement dans quelles conditions il opère, et, te, lorsqu'il veut répéter cette expérience, il retrouve nt ses conditions primitives pour s'y replacer de nou- ussi obtient-il toujours le même résultat, et il n'en- jamais dans sa pensée qu'il pût en être autrement. himiste réunissait mille fois de l'hydrogène et de ne dans des conditions déterminées, toujours les , jamais on ne lui ferait croire que tantôt il obtiendra u, et que tantôt il n'en obtiendra pas.

hysiologie, au contraire, et surtout en médecine, rien lus commun que des raisonnements de ce genre. On is les jours des physiologistes ou des médecins nous ai institué une expérience, et j'ai obtenu tel résultat; tre personne a fait cette même expérience et a obtenu hose; une troisième l'a répétée à son tour, et n'a rien de semblable aux deux premiers. Les auteurs enre- t ces résultats contradictoires, et l'on a souvent l'air de epter comme s'il devait naturellement en être ainsi. up de gens ne s'étonnent ni ne se choquent de ces lictions. On dit que cela tient à la nature de l'animal, diosyncrasie, à une disposition individuelle et momen- à l'influence de la vie, etc.

d on pratique des séries d'expériences sur les animaux poison ou un virus quelconque, on trouve par exem- l'un des animaux a péri, qu'un autre a survécu, et suite. Puis on conclut que la substance expérimentée xique dans un certain nombre de cas et ne l'a pas été autres, et il semble que la chose soit naturelle. On fait de la statistique, on réunit des observations provenant gines les plus diverses, et faites dans les conditions , et l'on déduit de l'ensemble de leurs résultats une tion qu'on pose en disant qu'elle représente la loi du nène.

ndant de pareilles discordances sont absolument in- ibles avec la donnée même de toute science, et il est ble que les choses se passent ainsi en réalité : quand e dans les mêmes conditions, les résultats doivent tou- tre les mêmes.

eut dire, sans doute, qu'en répétant une expérience, ent tantôt un résultat et tantôt un autre, qu'un animal d'une maladie virulente l'a contractée, tandis qu'un noculé également, n'a rien éprouvé, et que cette dis- e des résultats d'une même opération est un fait on ne peut échapper.

répondrais-je; les deux expériences sont différentes si it donné des résultats contradictoires. Le fait, c'est observé des phénomènes différents; mais ce qui n'est a fait acquis, c'est qu'on ait opéré dans les mêmes ns. Le contraire est même démontré par cela seul résultats ne sont pas les mêmes. Il faut donc chercher e de cette divergence.

ntradiction des expériences prouve une seule chose, 'il y a là des conditions encore inconnues qui ont à l'expérimentateur. Une fois que toutes les condi- l'expérience seront bien déterminées et connues, on indiquer d'avance avec certitude le résultat constant érience. Le même résultat se présentera toujours, et quatre fois sur cinq. La science n'admet pas les excep- tions; sans cela il n'y aurait aucun déterminisme dans la science, ou plutôt il n'y aurait plus de science, la nature n'aurait pas de lois, et les phénomènes de la matière se succéderaient au hasard.

Aujourd'hui, l'expérimentation physiologique est encore dans l'enfance. L'expérimentation, en effet, comme l'observation elle-même, doit nécessairement passer par deux états successifs, une période d'empirisme et une période scientifique. Or, en ce moment, l'expérimentation physiologique n'est pas encore sortie de sa première période, elle est toujours empirique, et il est bon de donner quelques mots d'explication à ce sujet.

L'empirisme est l'opposé du rationalisme; il exclut tout raisonnement, et n'accepte que des faits bruts, isolés, sans chercher à les commenter les uns par les autres, ni à les relier en théories. Mais si l'empirisme est excellent pour accumuler les faits et pour arrêter les écarts du raisonnement, il est tout à fait insuffisant à lui seul; il ne parviendra jamais à fonder la véritable science, car la science demande toujours l'intervention du raisonnement, et, contrairement à l'empirisme, elle doit être rationnelle. La vérité ne peut être illogique; tout ce qui est vrai est nécessairement rationnel; tout remonte finalement à la raison, le grand critérium selon Kant.

Nous repoussons donc énergiquement l'empirisme comme état définitif de la recherche scientifique; c'est une période qu'il faut traverser, mais n'y pas rester : il faut arriver le plus tôt possible au rationalisme, qui est la forme scientifique. En un mot, l'empirisme constate les faits, et la science rationnelle les coordonne et les élève à l'état de théories.

La seconde période de la science de l'expérimentation doit donc cesser d'être empirique pour devenir scientifique. La médecine expérimentale ne pourra se fonder comme science que lorsque l'expérimentation elle-même sera parvenue à un état scientifique assez avancé. Aussi est-ce le but que nous poursuivons d'une manière constante.

Il est un médecin et physiologiste français dont les travaux mettent parfaitement en évidence les avantages et les inconvénients de l'empirisme expérimental, c'est Magendie.

Nous avons déjà dit qu'il laissait ses expériences à l'état brut et refusait de raisonner sur elles ou même de les grouper pour chercher à les compléter, à en faire disparaître les contradictions et à les éclairer l'une par l'autre. Aussi Magendie a-t-il été vivement critiqué parce qu'on ne l'a pas compris; et je dois dire qu'il était difficile de le comprendre. Son empirisme était en quelque sorte instinctif, inconscient; il ne l'érigeait point en système. Moi-même, qui ai vécu assez longtemps avec Magendie, je ne l'ai compris que fort tard.

De lois physiologiques, Magendie n'en parlait jamais et ne voulait pas qu'on en parlât. Il n'y croyait pas, puisqu'il ne croyait pas à la science; il ne croyait qu'au fait d'expérimentation brute.

Pendant un voyage que le grand Tiedemann fit à Paris, Magendie lui parlait de ses récentes expériences sur le liquide céphalo-rachidien : il lui dit que ce liquide se trouvait en dehors de la cavité de l'arachnoïde, et qu'il avait observé ses mouvements. Tiedemann lui répondit aussitôt : « Cela n'est pas possible, car la loi des séreuses de Bichat nous apprend que le liquide sécrété par les séreuses est toujours contenu dans la cavité que forme ces membranes. »

Je ne vous parle pas de lois des séreuses, lui répliqu

gendie ; je vous dit que le liquide du céphalo-rachidien est situé au-dessous de l'arachnoïde et non dans sa cavité ; et, si vous voulez, je vous le montrerai sur un animal vivant. Je ne m'occupe pas du reste, parce que cela ne saurait rien changer au fait.

On a, ainsi que je vous le disais tout à l'heure, bien des fois critiqué les expériences de Magendie en leur reprochant leur désaccord et les contradictions qui en résultaient ; on lui reprochait d'être un mauvais expérimentateur, puisqu'il ne s'occupait pas de mettre ses expériences d'accord. Mais ceux qui l'ont critiqué se sont souvent trompés eux-mêmes en voulant les mettre d'accord, parce qu'ils manquaient de critérium pour cela. En effet, pour critiquer des expériences, il faut avoir un critérium ; et c'est précisément la découverte de ce critérium qui fait passer l'expérimentation de l'état empirique à l'état scientifique. Or, ce critérium, indispensable dans la physiologie comme il l'est dans les sciences des corps bruts, je le trouve dans le déterminisme des conditions de chaque phénomène. C'est donc ce déterminisme qu'il faut chercher avant tout, et, tant qu'on n'y est pas arrivé, la critique reste inféconde, parce qu'elle manque de sa base nécessaire.

Je vais vous citer à ce sujet un exemple devenu célèbre et que j'ai fort souvent rappelé, parce qu'il est très-instructif pour les expérimentateurs, et qu'il démontre bien l'importance du déterminisme des conditions opératoires, quand on veut fonder une bonne critique expérimentale. Il s'agit de la discussion sur la sensibilité récurrente entre Magendie et M. Longet, et des diverses péripéties qu'a subies la question.

Magendie avait découvert, en 1822, les fonctions distinctes des racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens ; mais il ne s'expliqua point très-catégoriquement sur les propriétés de ces racines. Plus tard, il reprit ses expériences, et observa des résultats contradictoires qu'il ne chercha pas à concilier avec les premiers, se bornant toujours à exposer empiriquement ce qu'il constatait.

Magendie ne s'inquiétait jamais des lois physiologiques ; il ne pouvait donc pas se laisser ici influencer par elles, et ses opinions suivirent toutes les fluctuations de ses expériences.

Or, en 1839, il obtint des résultats encore différents de ceux qu'il avait observés jusqu'alors. Dans ses premières expériences les racines antérieures lui avaient bien donné quelquefois des marques de sensibilité, mais trop faibles et trop peu constantes pour qu'il ait osé en affirmer clairement l'existence. Cette fois, au contraire, il trouvait ces racines antérieures très-sensibles, et, pendant tout un semestre, il montra à ses auditeurs, dans cette chaire, les manifestations de cette sensibilité qu'il nomma sensibilité en retour ou récurrente, à cause de la manière dont elle se comporte. En effet, cette sensibilité des racines antérieures leur vient des racines postérieures, car elle disparaissait quand on coupait ces dernières racines ; et, si l'on sectionnait la racine antérieure entre la moelle épinière et la réunion des deux racines, c'était le bout périphérique seul, séparé de la moelle, mais resté en rapport avec les racines postérieures par la périphérie, qui continuait à manifester de la sensibilité ; le bout central au contraire était devenu complétement insensible.

Il s'éleva alors, entre Magendie et M. Longet, une discussion de priorité dans laquelle nous n'avons pas besoin d'entrer ici, si ce n'est pour constater que M. Longet avait vu, à cette époque, la sensibilité récurrente, et y croyait d'une manière complète. Mais M. Longet, voulant étudier lui-même cette question, reprit les expériences de Magendie, et il trouva, quant à lui, que les racines antérieures restaient complétement insensibles.

Il critiqua alors les travaux de Magendie, montra que ses expériences de 1839 étaient en contradiction avec celles de 1822, et il le pressait de déclarer quelles étaient les bonnes expériences, celles de 1822 ou celles de 1839. Où était la vérité et à quel résultat Magendie voulait-il s'arrêter ?

Quant à Magendie, son esprit sceptique et empirique s'inquiétait peu de ces divergences ; toutes ses expériences étaient pour lui des faits qu'il acceptait également sans prétendre les concilier.

Mais M. Longet avait des dispositions d'esprit très-différentes, et un tel résultat ne pouvait le satisfaire. Il répéta donc avec constance et avec soin un grand nombre d'expériences. Après de longues recherches, il finit par se décider pour la négative, et par conclure que Magendie s'était totalement trompé en 1839, lorsqu'il avait cru voir dans les racines antérieures une sensibilité qui n'y existait pas.

Par ces études, M. Longet aspirait sans doute à sortir de l'empirisme expérimental et voulait arriver à des résultats identiques. Mais cependant, de quel droit condamnait-il certaines expériences au nom d'autres expériences qui leur étaient contradictoires ? Il est certain que toutes étaient également des faits. On ne peut pas trier les expériences, garder les unes et exclure les autres ; il faut les mettre chacune à sa place en déterminant leurs conditions propres d'existence. C'est ainsi qu'on n'a fait de la critique expérimentale, féconde et décisive qu'à la condition d'avoir un *criterium* solide puisé dans le déterminisme absolu des conditions de chaque phénomène.

Quoi qu'il en soit, la sensibilité récurrente était niée, et M. Longet présenta son travail aux concours de l'Académie des sciences. Il répéta, devant la commission, ses expériences qui réussirent parfaitement, et il obtint un prix pour avoir démontré que la sensibilité récurrente n'existait pas. Ce jugement prouvait simplement que les faits négatifs existaient ; mais il ne pouvait démontrer que les faits négatifs détruisaient les faits positifs.

Du reste, la question devait encore passer par d'autres péripéties. Magendie, qui, pendant plusieurs mois, avait montré à volonté dans ses cours les phénomènes de la sensibilité récurrente, devait être étonné de ces dénégations. Il voulut donc reprendre ses expériences ; mais il arriva ce fait singulier qu'il ne parvint pas à retrouver cette sensibilité récurrente qu'il obtenait autrefois d'une manière si constante et si aisée. Je participai moi-même à ces essais avec Magendie, sans comprendre la raison de cette disparition singulière de la sensibilité récurrente, mais ne pouvant renoncer toutefois à mes souvenirs, car je l'avais vue de la façon la plus claire quand j'assistais aux premières expériences de Magendie en 1839.

A cette époque, comme je faisais alors des cours particuliers, j'avais souvent occasion de répéter ces expériences, qui me donnèrent pendant longtemps les mêmes résultats négatifs. Cependant la préparation de l'expérience paraissait bien simple et elle était la même dans tous les cas : on ouvrait le canal vertébral pour mettre la moelle épinière à nu, et l'on examinait les racines des nerfs qui en sortent. Où avait donc pu se glisser l'erreur dans cette série d'opérations qui semblaient si parfaitement identiques, quant à leurs conditions opératoires ? Personne ne pouvait le dire pour le moment, et la

était arrivée à ce point, vers 1840 et 1841, que rachidiennes antérieures n'étaient plus sensibles ir été pendant quelques mois, en 1839. Était-ce là sion admissible? Pour ma part, je ne pouvais parce que j'avais été, ainsi que je l'ai dit, person-témoin des expériences faites autrefois au cours de le gardais donc dans l'esprit cette conviction que dres de résultats existaient également, mais qu'il oir une condition propre à chacun d'eux qui avait ns les expériences.

rs que j'entrepris des recherches nouvelles sur la récurrente, pour tâcher de découvrir la cause de ières vicissitudes de l'expérimentation.

léchissant beaucoup, je finis par me rappeler que, remières expériences de Magendie, il s'écoulait tou-ertain temps, une heure ou plus, entre le moment vrait le canal rachidien et celui où l'on recherchait lité récurrente sur les racines antérieures. En effet, était préparé un peu avant la leçon dans le labora-c'était seulement pendant la leçon qu'on opérait sur examiner la propriété de ses racines. Je remarquai aire que, dans les expériences plus récentes qui pas faites en vue d'un cours, Magendie et M. Longet ient les racines antérieures immédiatement après vert le canal vertébral. Il y avait donc là une ques-temps dont on n'avait pas tenu compte.

pposai que cette circonstance pouvait avoir exercé une influence sur la différence des résultats. Pour m'en r, je répétai les deux expériences en me plaçant suc-ment dans les deux conditions. Je vis en effet que, si is les racines antérieures immédiatement après avoir ent ouvert le canal vertébral, je n'obtenais aucune de sensibilité chez l'animal affaibli et épuisé par la de l'opération ; mais que, si j'attendais une heure ou ur renouveler ensuite cette excitation, la sensibilité nte se manifestait d'une manière fort nette, parce que l était reposé et avait repris un peu ses forces.

it donc démontré que les anciennes expériences et les es n'avaient pas été faites dans les mêmes conditions, expliquait tout naturellement qu'elles ne fournissent ême résultat.

ait maintenant discuter chacun des résultats et déter-elui des deux qui devait être accepté comme normal me répondant aux conditions physiologiques. Il est que c'était le résultat obtenu chez l'animal reposé, e cependant la sensibilité récurrente se développe et e sous l'influence de la dénudation des nerfs.

urs, en ne faisant qu'une ouverture très-limitée du rtébral, et en chloroformisant les animaux, on peut la sensibilité récurrente aussitôt après l'opération, et er reposer longtemps les animaux. On obtient égale-sensibilité récurrente sur le nerf facial, qui peut être écouvert sans grande mutilation, et par une simple de la peau. Donc la sensibilité récurrente se mani-dans les conditions physiologiques et ne saurait être e comme un résultat pathologique. C'est l'absence nsibilité récurrente qui serait le cas pathologique. comme partout, le cas pathologique et physiologique dent, puisqu'ils ne tiennent qu'à une condition don-ui était important, c'était de déterminer

On voit donc que, s'il faut s'efforcer de ne pas laisser les expériences physiologiques à l'état brut de l'empirisme, s'il faut chercher à les comprendre, c'est en expliquant leurs divergences, en les conciliant entre elles, mais non en faisant de l'exclusivisme et en niant les unes au profit des autres.

J'ai dit autrefois qu'il n'y a pas de mauvaises expériences; toutes sont bonnes dans leurs conditions respectives. Tant que les expériences ne sont pas d'accord, c'est qu'il y a une ou plusieurs conditions du phénomène qui ont échappé à l'expérimentateur; c'est qu'on n'est pas arrivé au déterminisme expérimental, c'est-à-dire qu'on ne connaît pas encore toutes les circonstances dans l'ensemble desquelles se produit ce phénomène. C'est là le problème, et la science n'est au fond que l'étude des circonstances des choses. C'est la connaissance de toutes ces circonstances que j'appelle le déterminisme. Nous devons donc toujours avoir présent à l'esprit ce principe du déterminisme absolu et nécessaire des phénomènes pour nous guider dans la critique expérimentale, car, chez les êtres vivants aussi bien que chez les corps bruts, il est impossible que dans des circonstances identiques il ne se produise pas des phénomènes identiques.

Mais le déterminisme doit posséder une qualité philosophique essentielle, c'est d'être rationnel. Je vais encore vous citer un exemple de critique expérimentale qui vous fera bien comprendre ma pensée.

M. Vulpian avait entrepris une série d'expériences fort intéressantes sur le venin du crapaud. En inoculant ce venin à divers animaux, il avait constaté qu'ils étaient empoisonnés, et il avait obtenu une mort très-prompte, notamment en opérant sur des grenouilles. M. Vulpian avait même déterminé le mode d'action de ce venin, en montrant que le mécanisme de la mort résultait de l'arrêt du cœur : c'était donc ce qu'on appelle un poison du cœur. Mais en inoculant ce venin de crapaud sur le crapaud lui-même, M. Vulpian observa que l'animal n'était pas empoisonné et ne paraissait rien ressentir par l'action de son propre venin. Ainsi la conclusion des expériences à laquelle on arrivait, c'était que le venin de crapaud était toxique pour la grenouille et ne l'était pas pour le crapaud.

Dans le cas de M. Vulpian comme dans celui de M. Longet, je connaissais l'habileté des expérimentateurs, et je ne songeais pas à contester ces expériences en elles-mêmes; mais, tout en admettant les expériences de M. Vulpian comme faits bruts, je ne pouvais cependant accepter les conclusions qu'il en tirait, quoiqu'elles parussent n'être que le résultat des faits; je ne pouvais accepter ces conclusions parce qu'elles étaient irrationnelles. Par conséquent elles ne pouvaient être l'expression d'un déterminisme scientifique; elles ne pouvaient être que des résultats empiriques.

Comment, en effet, admettre qu'un poison qui arrête immédiatement le cœur de la grenouille n'arrête pas celui du crapaud! C'était évidemment conclure que ces deux cœurs avaient une nature différente, puisqu'ils possédaient des propriétés tellement distinctes, que ce qui était poison pour l'un ne l'était pas pour l'autre. Or, sur deux animaux si rapprochés par leur nature, une pareille conclusion était absolument irrationnelle et antiscientifique. Et, s'il y avait de pareilles différences entre deux animaux aussi voisins à tous égards que le crapaud et la grenouille, quel sens pourraient donc conser-elativement à la physiologie de l'homme, les expé-

riences faites sur des animaux assurément bien plus différents de lui?

Au lieu du déterminisme que nous cherchons et qui peut seul constituer la science, nous arriverions ainsi à un indéterminisme absolu. La science cesserait d'être possible, et les mots eux-mêmes n'auraient plus de sens. Que signifierait-il en effet de parler de fibres musculaires, si cette expression englobait des éléments jouissant de propriétés absolument différentes par leur nature physiologique. Si un pareil résultat était jamais acquis, les professeurs de physiologie n'auraient qu'à donner leur démission, car la science qu'ils poursuivent ne serait qu'une chimère.

Je répétai donc les expériences de M. Vulpian sur le crapaud ; je les repris, en me plaçant exactement dans les mêmes conditions que l'auteur, et j'obtins en effet les résultats qu'il avait annoncés. Comme lui, j'inoculai au crapaud la même quantité de venin avec laquelle on tue la grenouille à coup sûr, et le crapaud ne mourut pas. Mais, en forçant la dose de venin, j'arrivai à empoisonner le crapaud tout aussi bien que la grenouille.

Le crapaud pouvait donc être empoisonné par son propre venin comme la grenouille; mais il fallait pour cela une quantité de venin plus considérable. Voilà toute la différence. Sans doute, ceci est encore bien une différence, mais c'est une différence d'un tout autre ordre et qui n'a plus les mêmes conséquences que celle qui découlait des conclusions de M. Vulpian : au lieu d'être une différence dans la nature des propriétés, c'est une simple différence de degré. Les éléments anatomiques doivent nécessairement avoir des propriétés identiques par leur nature dans toute la série animale : si l'on trouvait, par exemple, qu'une certaine fibre musculaire n'a pas toutes les propriétés essentielles des autres fibres ou en possède de spéciales que celles-ci n'ont pas, il faudrait cesser de la considérer comme une fibre musculaire pour en faire un élément organique distinct. Mais de ce que les propriétés d'un élément anatomique doivent rester partout identiques par leur nature, il n'en résulte pas qu'elles soient nécessairement identiques par leur intensité. Ceci n'est plus du tout la même chose, et nous savons très-bien, au contraire, que l'intensité de ces propriétés varie beaucoup, non-seulement d'un animal à un autre, mais aussi chez le même animal, sous l'influence d'une foule de causes diverses. La dose d'une substance active quelconque qui est capable de produire un certain effet peut donc changer dans des limites très-considérables, par suite de l'intensité différente des propriétés de l'élément anatomique dans les diverses conditions où l'on opère ; mais la nature de l'effet reste toujours la même, et, faible ou fort, il doit toujours exister, puisque la propriété à laquelle il correspond existe toujours.

Vous devez maintenant comprendre, après les deux exemples intéressants que je vous ai rapportés, la manière dont il faut concevoir la critique expérimentale. La vraie critique n'est pas la critique d'exclusion, c'est celle qui ne détruit rien et concilie tout par un déterminisme rationnel des phénomènes. Quand on en est arrivé là, toute discussion cesse forcément. Aussi, aujourd'hui, les questions litigieuses dont je vous ai parlé sont-elles définitivement jugées. M. Longet, M. Vulpian et moi, nous sommes tous d'accord maintenant, et tout le monde peut se rendre compte des faits. S'il y a d'autres questions de physiologie sur lesquelles on discute (et il y en aura toujours), il faut donc bien savoir qu'on ne pourra s'entendre que lorsqu'on aura d'abord fixé le déterminisme exact de chaque expérience; c'est là qu'est le vrai progrès de la science expérimentale.

On invoque souvent l'influence de la vie, sans spécifier de mécanisme, pour expliquer les contradictions des expériences. Mais c'est tout à fait à tort. Cette influence ne doit jamais intervenir dans les discussions expérimentales. Ce n'est pas que je veuille nier l'influence de la vie. Assurément cette influence existe, mais simplement comme cause première qui préside à la fonction des éléments des tissus et des organes : c'est elle, si l'on veut, qui leur donne les propriétés qui les caractérisent et dont nous étudions les manifestations; c'est d'elle que leur viennent les forces spéciales qui les animent et que nous ne retrouvons pas dans les corps bruts. Mais une fois ces propriétés créées sous l'influence de la vie, elles fonctionnent de la même manière que celles des corps bruts ; la vie n'y est plus pour rien, et il n'y a pas à la faire intervenir dans le déterminisme des phénomènes. Les propriétés des corps vivants sont plus délicates que celles des corps bruts, mais c'est là toute la différence quant à leur manifestation.

Sans doute, cette délicatesse des phénomènes de la vie engendre les difficultés les plus grandes, parce que nous n'avons, pour les étudier, que des instruments relativement fort grossiers et des méthodes fort imparfaites. Mais, pour nous orienter au milieu de ces difficultés de tout genre, il faut poser fermement hors de toute discussion le principe même de notre méthode, le déterminisme. Dans l'étude d'un phénomène quelconque, il faut toujours prendre pour but la détermination *absolue* et *rationnelle* de ses conditions d'existence, de manière à devenir absolument maître du phénomène et à le produire ou à l'empêcher à notre gré.

Quand nous serons arrivés à connaître ce déterminisme parfait, nous saurons toujours exactement ce que nous faisons, non-seulement en physiologie, mais aussi en médecine. Alors l'administration d'un médicament produira toujours à coup sûr tel effet parfaitement prévu et réglé d'avance. Mais, jusqu'à ce que nous en soyons là, nous ne savons rien de précis sur les résultats de ce que nous faisons, et nous en sommes réduits à donner des médicaments d'après des règles traditionnelles et purement empiriques.

Vous voyez quelles sont les tendances de ce cours et quel sera l'objet de nos leçons. Notre but principal est de vous diriger dans l'art d'expérimenter. Pour cela, il ne suffisait pas de vous indiquer les procédés matériels de l'expérimentation, il fallait encore et avant tout vous bien faire saisir les procédés intellectuels que doit employer l'expérimentateur pour diriger ses recherches, inspirer ses expériences et critiquer les résultats qu'il obtient. Tant qu'on n'arrive pas à faire une expérience qui donne toujours le même résultat sans aucune exception, il faut poursuivre sans cesse ses recherches et répéter ses expériences jusqu'à ce qu'on découvre pourquoi les phénomènes ne se sont pas produits de la même manière dans tous les cas.

L'organisme ne présente de particulier, au point de vue de l'expérimentation que des conditions extérieures et intérieures très-complexes; mais, si difficile qu'il soit de les dégager toutes, cela n'est pas impossible; nous devons donc y prétendre et diriger de ce côté tous nos efforts.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
)URS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ME ANNÉE | NUMÉRO 11 | 13 FÉVRIER 1869

Paris, 12 février 1869.

ret vient de changer le titre de la chaire de *médecine* à la Faculté de médecine de Paris, comme nous ait pressentir il y a quelque temps, en parlant de la re de M. Brown-Séquard. Elle s'appellera désormais *pathologie expérimentale et comparée*. Cette modifi-soulevé quelques critiques. La pathologie expérimen-on dit, n'est qu'un instrument de la médecine com-dmettons cela, si on le veut; en étudiant la manière trument fonctionne et les résultats qu'il fournit, le pro-e ferait-il point par cela même l'étude de la science qui ? Le nouveau titre a l'avantage de bien indiquer que incipal ne doit plus être aujourd'hui une comparai-un plus ou moins vague entre la médecine vétéri-la médecine humaine, mais l'étude expérimentale de ie, de l'évolution et de la thérapeutique des di-aladies chez les animaux. Les recherches de M. Brown-lui-même sur l'épilepsie, celles de M. Chauveau sur et la phthisie, fournissent des exemples de ce qu'on eprendre dans cette voie. Du reste, il ne faut pas trop d'importance au titre d'une chaire à laquelle visera jamais d'imposer un programme. L'important lacer un homme qui ait quelque chose à enseigner et it pas en retard sur le progrès des théories scientifi-homme, une fois installé, exposera ses idées, ses re-et dira tout ce qu'il croira intéressant et utile, sans se miner par le nom attribué à son cours; quel que soit es leçons resteront les mêmes, et l'on aurait le plus t de prétendre gêner la liberté du professeur à cet

rois derniers mois ont été remarquables, au point de cal, par le développement considérable de trois ma-fièvre puerpérale, la scarlatine et les affections diph-s, notamment le croup, sur le continent européen en Amérique. A Berlin, le croup a enlevé 337 victi-ux mois; il a également été fort meurtrier à Bue-. A Vienne, il n'y a pas eu d'autre maladie prédomi-e la phthisie qui figure toujours pour un quart dans e total des décès. A Paris, la fièvre puerpérale, qui mencé à se multiplier en novembre, est passée à émique au commencement de décembre, et a per-la plus grande intensité jusque vers le 20 janvier. ordinaire, les salles d'accouchement des hôpitaux nt été beaucoup plus cruellement frappées que les étrangers. La *maternité-modèle* de l'hôpital Cochin ppelle l'administration) a dû être évacuée. A Lon-avages de la fièvre puerpérale ont été beaucoup moins grands, par suite de la meilleure installation des hôpitaux, et surtout de la division des principaux services d'accouchements en petites salles de quatre ou six lits, au lieu de nos grandes salles de quarante lits que l'expérience a définitivement condamnées depuis longtemps; ce qui n'empêche pas de maintenir ces foyers de fièvre puerpérale.

MM. Farr (de Londres), Zuelzer (de Berlin) et Glatter (de Vienne) publient depuis quelque temps un bulletin international des maladies régnantes, de la mortalité et de l'état météorologique à Londres, Berlin, Vienne et quelques autres villes. Ils avaient invité M. Vacher (de Paris) à se joindre à eux pour fournir à ce bulletin des renseignements sur la grande métropole française. Mais, en France, des publications de ce genre ne sont possibles que pour l'administration, qui a entre ses mains tous les documents. M. Vacher ne pût donc que communiquer cette demande à M. Dumas, président du conseil municipal de Paris, qui vient de faire décider par ce conseil la création d'un bulletin médical hebdomadaire où seront consignés tous les renseignements utiles.

— Voici quelles sont les thèses qui vont être soutenues à la Faculté de médecine de Paris, pour la dernière épreuve du concours d'agrégation :

1er mars. M. Brouardel : *Médications employées contre le diabète sucré*, argumenté par MM. Lécorché et Cornil.

1er mars. M. Lécorché : *Altérations athéromateuses des artères*, argumenté par MM. Cornil et Ferrand.

3 mars. M. Cornil : *Des différentes espèces de néphrites*, argumenté par MM. Ferrand et Fernet.

3 mars. M. Ferrand : *De la médication antipyrétique*, argumenté par MM. Fernet et Chalvet.

5 mars. M. Fernet : *De la diathèse urique*, argumenté par MM. Chalvet et Ollivier.

5 mars. M. Chalvet : *Physiologie pathologique de l'inflammation*, argumenté par MM. Ollivier et Leven.

8 mars. M. Ollivier : *Atrophies musculaires*, argumenté par MM. Leven et Lancereaux.

8 mars. M. Leven : *Des chorées : pathologie générale et classification*, argumenté par MM. Lancereaux et Hayem.

10 mars. M. Lancereaux : *Polyurie ou diabète insipide*, argumenté par MM. Hayem et Bouchard.

10 mars. M. Hayem : *Des bronchites : pathologie générale et classification*, argumenté par MM. Bouchard et

12 mars. M. Bouchard : *Pathogénie des hém*

menté par MM. Laborde et Damaschino.

12 mars. M. Laborde : *Physiologie pathol*

argumenté par MM. Damaschino et Brouar

15 mars. M. Damaschino : *De la pleuré*

menté par MM. Brouardel et Lécorché.

LA MÉCANIQUE DE LA CHALEUR. — TRAVAUX DE M. FAVRE (1)

Il existe en ce moment en Allemagne deux médecins que, pour les questions que je vais traiter, nos voisins considèrent comme étant deux maîtres qui ne sont pas surpassés. J.-R. Mayer (d'Heilbronn) a créé la mécanique de la chaleur, et le premier il a déterminé l'équivalent mécanique en posant une équation fondamentale dans laquelle on n'a qu'à mettre les constantes déterminées par M. Regnault au lieu des coefficients de Gay-Lussac, pour avoir le nombre adopté aujourd'hui. Il vient de publier récemment un ouvrage que tous nous regardons comme un des monuments de l'esprit humain.

Helmholtz, professeur de physiologie à Heidelberg, a produit de beaux mémoires dignes de la section de géométrie de l'Académie des sciences. Ses recherches de thermo-dynamique pourraient le faire entrer, s'il était Français, dans la section de mécanique de l'Académie des sciences. Ses grands travaux sur l'optique, sur l'acoustique, où il a donné la formule du timbre de la voix et des instruments de musique, lui donneraient des droits à entrer dans la section de physique. Enfin, sa découverte de l'ophthalmoscope, de la vitesse de propagation de l'influence nerveuse, lui ouvriraient certainement les portes de la section de médecine.

Cependant, ni l'un ni l'autre n'appartiennent à aucun titre à l'Académie des sciences. Mon regret est d'autant plus vif qu'on n'a ménagé ni les honneurs de la présentation, ni même les voix pour la place si éminente d'associé de notre compagnie à un homme très-aimé et estimé, mais dont le bagage scientifique, volumineux à la vérité, et si léger en fait, ne méritait pas une telle distinction.

D'où vient cette défaveur pour de tels savants. Cela tient à ce que la classification des sciences qui a servi de base à la division de l'Académie en sections tend chaque jour à se modifier avec les progrès de la science. Certainement la division actuelle, que je considère comme protectrice des intérêts vrais de l'Académie, pourra servir encore longtemps; mais il faut que l'Académie soit de plus en plus large dans l'interprétation des noms qui sont inscrits à la tête de chacune de ses sections.

M. Favre, médecin comme les deux savants illustres dont je viens de citer les noms, et comme eux ayant touché dans ses travaux à des questions qui intéressent trois et même quatre des sections de l'Académie des sciences, mérite d'être signalé à l'attention de l'Académie et du public dont sa modestie le tient trop éloigné.

1° MM. Favre et Silbermann, au début de leur carrière scientifique, ont été les continuateurs de Dulong pour des travaux que celui-ci avait eu à peine le temps d'ébaucher : la détermination des quantités de chaleur développées dans les combustions et pendant les combinaisons chimiques. Tout le monde (et moi peut-être plus que personne) sait combien est difficile la solution de ces questions. Le nombre des physiciens qui s'y sont consacrés est tellement petit, que leurs noms, ceux d'Andrews et de Favre et Silbermann, sont cités partout dans les livres de physique; et c'est là une récompense due à la difficulté et à l'utilité de pareils services.

MM. Favre et Silbermann apportent désormais à ces déterminations faites au moyen du calorimètre à eau une rigueur et une précision venant principalement de ce que l'un d'eux est au courant des circonstances chimiques les plus délicates qui dominent toutes les méthodes dans ce genre d'observations. Certaines fautes échappées à Dulong lui-même ont pu être ainsi corrigées.

Mais, en passant sur les détails, voyons les conséquences magnifiques de ce premier travail. Mon frère le premier, puis ensuite M. Schrötter, ont découvert deux manifestations d'un même corps simple, le soufre et le phosphore. Il y a deux sortes de soufres, deux sortes de phosphores, qui ont des propriétés chimiques essentiellement différentes : le soufre ordinaire et le soufre insoluble, d'une part; le phosphore blanc et le phosphore rouge, de l'autre. MM. Favre et Silbermann ont l'idée heureuse de brûler ces quatre sortes de corps, et ils trouvent un résultat extrêmement important, surtout à la date de leurs expériences. Les deux soufres possèdent des chaleurs de combustion différentes; il en est de même des deux phosphores, tous les quatre solides. Comme pour chacune des espèces de soufres, ainsi que pour les deux espèces de phosphores, les produits de la combustion, l'acide sulfureux d'une part, l'acide phosphorique de l'autre, sont identiques, quelle que soit l'espèce de la matière brûlée, il s'ensuit que la différence essentielle entre les corps ayant cette sorte d'isomérie ou de dimorphie, c'est la différence des quantités de chaleur de constitution; et cette différence est considérable. On sait toutes les conséquences qui résultent de cette magnifique observation; on les trouvera développées dans tous les livres de mécanique ou de thermo-dynamique qui traitent de ces grandes questions. C'était la première preuve expérimentale de l'exactitude de cette idée que mon frère avait émise déjà comme conséquence de la considération des densités.

2° Une seconde série d'expériences, dont le détail un peu abstrait intéresserait peu mes lecteurs, amène leurs auteurs aux conclusions suivantes. On ne connaissait jusqu'alors que des corps qui se combinent avec dégagement de chaleur, comme l'hydrogène et l'oxygène, et j'en appelle au souvenir de tous mes contemporains, nous croyions tous, à cette époque, à la nécessité de ce dégagement, inscrite encore, même aujourd'hui, dans les traités de chimie et de physique les plus modernes. Eh bien, MM. Favre et Silbermann vous font voir que le chlore et l'oxygène se combinant, soit pour former l'acide hypochloreux, soit pour former l'acide chlorique, non-seulement ne dégagent pas de la chaleur, mais qu'en se combinant, ils empruntent, soit aux corps voisins, soit aux matières au milieu desquelles ils se forment, des quantités de chaleur considérables. Ce sont les corps destinés à être explosifs par eux-mêmes, comme l'acide hypochloreux, l'acide chlorique, le chlorure d'azote, etc., le protoxyde d'azote. MM. Favre et Silbermann comprennent toute la portée d'une pareille découverte, et ils l'appliquent au calcul des quantités de chaleur dégagées pendant la combustion de la poudre. Ainsi, certains corps se combinent avec dégagement de chaleur, d'autres avec production de froid. Enfin une troisième catégorie comprend

(1) Voyez d'autres leçons de M. Henri Sainte-Claire Deville dans la *Revue des cours scientifiques*, tome IV, p. 241 et 245 (16 mars 1867), sur l'*affinité et les phénomènes mécaniques de la combinaison*; — tome II, p. 18 et 75 (10 et 31 décembre 1864), sur *la dissociation et les densités de vapeur*; — tome II, p. 374 (6 mai 1865), sur les *méthodes générales de réduction des métaux*; — tome I, p. 297, sur *les lois de constitution des sels et les lois de Berthollet*; — tome I, p. 365, sur l'*aluminium*; — et tome V, p. 81 (11 janvier 1868), sur les *principes généraux de la chimie d'après la thermo-dynamique*.

i n'en donnent ni n'en absorbent, comme le gaz oléi-M. Favre et Silbermann n'ont donné aucun nom à ces ies de corps. Pour mon compte, j'ai proposé, avec l'as-nt de M. Favre, d'étendre le sens de l'adjectif explosif, ppliquer à tous les corps qui, se produisant avec froid, mposent avec chaleur. Depuis, M. Berthelot a proposé oms grecs, *endothermie* et *exothermie*, pour deux de gories; mais comme il en existe une troisième, celle quelle la chaleur de combinaison est nulle, comme gaz oléifiant, il fallait un nom ou trois noms. MM. Favre rmann n'en ont pas donné du tout : peut-être ont-ils dents.

mémoire suivant contient un progrès considérable : nvention d'un calorimètre permettant de déterminer ficulté les quantités de chaleur qui se dégagent ou qui sorbées par les corps solides ou liquides qu'on fait lans son intérieur. C'est un grand thermomètre à mer-nstruit en fonte. Dans la sphère métallique pleine de e dont se compose essentiellement l'instrument, se t percés des trous cylindriques fermés par des enve-le fer, de véritables moufles, danslesquels on introduit ières qui vont se chauffer ou se refroidir par leur mutuel. Le mercure dilaté ou contracté sous cette e se meut dans un tube de verre gradué, et c'est vement facile à constater qui donne les indications étriques. Pour cela, on observe d'abord l'effet pro-un gramme de vapeur qui se condense dans un de ufles, ou d'un gramme de glace qui s'y fond et qui température ambiante, où de tout autre phénomène ue déjà mesuré. Cette opération délicate effectuée, ment indique de lui-même le nombre d'unités de cha-hangées entre le mercure qui se dilate ou se contracte orps qui se modifient dans le moufle.

avec cet instrument que MM. Favre et Silbermann ont ne manière définitive la mesure d'un grand nombre nomènes calorifiques des plus importants. Je ne m'y i pas, mais je dirai seulement comment les auteurs oduit dans la science une notion alors inconnue, et ourd'hui est admise par tout le monde. Il me suffira, faire comprendre, d'analyser le travail fait par ces rs sur le chlorate de potasse. Ils voient d'abord que le en se combinant avec l'oxygène, l'un des éléments du de potasse, pour donner l'acide chlorique, absorbe taine quantité de chaleur. Ils conviennent de donner négatif à cette quantité de chaleur, et ils appellent cette é $-a$. Le potassium, en se combinant avec l'oxygène, une quantité de chaleur égale à $+b$. L'acide chlorique otasse, une fois formés, se combinent en donnant une e quantité de chaleur $+c$, de sorte que la chaleur de aison est :

$$Q = b + c - a.$$

néral, la chaleur totale de combinaison, dans une ma-mposée, sera égale à la somme algébrique des cha-combinaison de chacun des éléments complexes avec on peut la former.

puis que citer ici la notion de l'équivalent calorifique, 'on a changé depuis en chaleur moléculaire, et des s qu'ont entre elles ces quantités de chaleur quand on npare dans une série de composés naturellement MM. Favre et Silbermann donnent même le module bre simple qui sert à passer, avec la plus grande faci-lité, d'une chaleur de combinaison à celle d'une autre substance analogue; mais les sujets abondent, et je passe.

4° M. Favre, et ici il était privé de la collaboration de son ami, M. Favre s'attaque à une question considérable. D'autres avant lui, et lui-même, ont constaté que les corps poreux, charbon de bois, noir de platine, etc., pouvaient absorber des quantités considérables de gaz. Il s'agissait de constater et de mesurer l'effet chimique de pareilles condensations. D'après ses recherches, le noir de platine doit enfermer l'hydrogène comprimé à plus de 1000 atmosphères. L'acide carbonique doit y être pour ainsi dire plus que solide pour qu'il puisse être contenu dans des espaces aussi petits. Mais, pour vérifier de pareils résultats, il faut avant tout déterminer les chaleurs latentes de volatilisation et de solidification de substances qui bouillent à 80 degrés au-dessous de zéro et ne se solidifient qu'à 100 degrés, comme le protoxyde d'azote. Le nombre de problèmes délicats à résoudre pour vaincre de pareilles difficultés est inouï, et cependant, grâce à l'aide obligeante de M. Dumas qui a fait préparer pour M. Favre tout ce qui était nécessaire pour de pareilles recherches, grâce à son hospitalité, M. Favre est arrivé au but. La solution trouvée est des plus séduisantes. Rien de plus curieux, en effet que de voir, à la température ordinaire, des corps solides imprégnés d'acide carbonique, de protoxyde d'azote, peut-être d'hydrogène, solidifiés. Mais M. Favre ne s'arrête pas à des conclusions si attrayantes. Il recommence ses expériences en saturant peu à peu les corps poreux au moyen des gaz qu'il a expérimentés; il voit que les quantités de chaleur dégagées en introduisant successivement un, deux, trois...... volumes de gaz dans les corps poreux, ne sont pas proportionnelles à ces volumes, mais diminuent rapidement à mesure que les corps se saturent de ces gaz. Il en conclut tout de suite que l'action des parois de la matière condensante et poreuse est prédominante, et que ce n'est pas une liquéfaction ou une solidification de la substance gazeuse qui peuvent seules donner la raison de ces phénomènes extraordinaires. Alors, en effet, les volumes égaux liquéfiés successivement auraient dû dégager des quantités de chaleur égales, ce qui n'est pas vrai. Je ne donne ce résultat si remarquable que pour faire comprendre la netteté, la précision et l'intégrité d'un pareil esprit.

Ces mémoires si nombreux se pressent, mais j'en passe, et des plus intéressants, pour arriver à une seconde partie des travaux de l'auteur; c'est là que se trouvent les mémoires qui sont pour moi les plus importants dans le présent et pour l'avenir de la science.

5° Le calorimètre à mercure fait fonction d'une vraie balance qui mesure l'action de la chaleur par l'effet thermométrique très-faible qu'il communique à une grande masse de mercure. Je me suis servi de cet instrument, et je dois avouer que, pour le manier, il faut avoir acquis une certaine expérience. L'instrument doit fonctionner en même temps comme un appareil qui reçoit une action calorifique, et qui, tout en restant à une température extrêmement voisine de la température extérieure, tout en étant isolé des causes perturbatrices par des précautions nombreuses et variées, doit fonctionner en même temps comme un appareil dont le refroidissement ou l'échauffement n'est pas à négliger, quoique suffisamment faible. Je dis que c'est une balance, parce que M. Favre s'en est servi pour étudier les phénomènes calorifiques, en les appréciant en qualité et en quantité, comme un chimiste fait

une analyse et pèse successivement tous les corps qu'il dose.

Parmi les nombreux mémoires publiés par M. Favre, je ne donnerai même un aperçu que de trois d'entre eux, en insistant, comme je l'ai fait jusqu'ici, sur le phénomène principal, sur la conclusion la plus générale.

M. Favre introduit dans les moufles de son calorimètre un ou plusieurs éléments de Smee (1) : zinc amalgamé et platine. Quand l'amalgamation est devenue uniforme, le zinc ne s'attaque que si le courant est fermé. La dissolution du zinc ne pouvant s'effectuer que concomitamment avec un dégagement d'hydrogène, l'hydrogène, recueilli et mesuré, donne immédiatement la quantité de zinc dissous et nécessairement utilisé par le courant. Je ne connais pas de pile autre que celle-là qui eût pu rendre de pareils services. M. Favre démontre que, pour produire une quantité d'électricité correspondant à la dissolution d'un équivalent de zinc, il faut produire dans l'élément une quantité de chaleur égale à 19000 calories environ.

On savait bien qu'un élément de Smee ou de Wollaston était impuissant à décomposer l'eau ; mais on ne savait pas pourquoi, et la loi de Faraday rendait un fait si étrange difficile à expliquer. Je donnerai l'expérience qu'a faite M. Favre comme une des plus importantes qui aient été publiées sur la pile, et je vais essayer de la bien faire comprendre. D'après M. Favre, un élément de pile est comparable à un morceau de charbon en combustion. La chaleur dégagée par cette combustion aurait seulement la faculté de se laisser transporter, en se transformant en courant, par un conducteur métallique, et avec la faculté de pouvoir fournir de nouveau des phénomènes calorifiques ordinaires. Ces phénomènes sont de plusieurs sortes : ou bien on sépare brusquement les deux parties du courant, et il se forme de la chaleur lumineuse, une étincelle; ou bien on oppose au courant ce qu'on appelle une résistance; alors on a de la chaleur obscure ou lumineuse, suivant que cette résistance est plus grande et le courant plus intense. Enfin cette chaleur peut produire tous les effets de la chaleur latente ordinaire, de ce phlogistique rêvé par Stahl, c'est-à-dire passer dans les corps composés pour les transformer en leurs éléments, et leur restituer la chaleur qu'ils ont perdue par le fait de leur combinaison et du dégagement de chaleur qui l'accompagne le plus souvent.

Eh bien! qu'on place dans un calorimètre du zinc et de l'acide sulfurique étendu, on verra que, pour chaque équivalent de zinc dissous ou pour un gramme d'hydrogène qu'il dégage, il y a environ 19000 calories produites. Ces 19000 calories seront déposées dans le calorimètre quand le zinc amalgamé et associé au platine dans une pile de Smee se dissoudra, le circuit étant fermé. On retrouvera encore ces 19000 calories si l'on enferme dans les moufles d'un même calorim[...] pile et un conducteur résistant, qui, parcouru par l'[...] cité, sera échauffé plus ou moins énergiquement. Mais [...] enferme dans deux calorimètres différents la pile et l[...] ducteur, le second calorimètre s'échauffera, mais [...] quantité précisément égale à une perte de chaleur [...] pondante que l'on constatera dans le premier calori[...] Cette expérience remarquable rectifie une assertion i[...] de Faraday, qui croyait que la production de l'électrici[...] corrélative à la simple oxydation du zinc. M. Favre [...] que cette quantité de chaleur est la somme algébri[...] trois termes dont un est négatif. En somme, c'est le r[...] cement de l'hydrogène par le zinc dans l'acide sulfuri[...] draté qui donne la chaleur réellement observée.

Il trouve ainsi l'explication du fait étrange dont [...] impossible de se rendre compte avant ses observatio[...] avait, je l'ai dit, remarqué qu'un seul élément de la [...] Smee ou de Wollaston était impuissant à décompose[...] Voici la cause de ce singulier phénomène :

La dissolution de 33 grammes de zinc dans l'acide [...] que donne 19000 calories. La décomposition d'un équ[...] d'eau produisant un gramme d'hydrogène en exige 34[...] d'après la loi de Faraday, pour qu'une quantité quel[...] d'eau soit décomposée, il faut qu'une quantité équi[...] de zinc soit dissoute ; pour qu'un gramme d'hydrog[...] dégage dans le voltamètre, il faut que 33 grammes de [...] dissolvent dans la pile. Or, cette dissolution ne produ[...] la moitié environ de la chaleur exigée pour le déga[...] de ce gramme d'hydrogène ; donc l'eau ne sera pas dé[...] sée, car il y aurait création de force, et la pile serait [...] strument de mouvement perpétuel. Mais vient-on à ac[...] deux éléments : dans chacun de ces éléments, 33 gram[...] zinc se dissolvant, 66 grammes de ce zinc produiront 3[...] deux fois 19000 calories; et, comme la formation d'un g[...] d'hydrogène n'exige que 34462 calories, la décom[...] de l'eau sera possible et aura lieu. M. Verdet, juge [...] critique profond, dont les décisions ont toujours été a[...] et singulièrement estimées dans le monde savant, [...] juste éloge de cette admirable explication.

6° J'aborde maintenant, en passant des travaux du [...] ordre, les mémoires si hautement appréciés par M. [...] dans lesquels M. Favre arrive un des premiers à la d[...] nation de l'équivalent mécanique par la méthode si o[...] qui lui est due.

Un premier calorimètre contient dans ses moufles s[...] ments de la pile de Smee. Le dégagement d'hydrogène [...] dans chacun des éléments est recueilli et mesuré à p[...] en déduit la quantité de zinc dissous dans chaque expé[...] Ce calorimètre donne aussi la quantité de chaleur [...] dans la pile.

Dans un second calorimètre se trouve une petite m[...] électro-magnétique d'une construction très-ingénieus[...] mirablement fabriquée par Froment; elle est enferm[...] un moufle. Ce second calorimètre permettra de cons[...] chaleur produite par l'étincelle à chaque mouvem[...] commutateur, par les frottements de toute sorte qui [...] entre les pièces de l'appareil, et enfin la chaleur dév[...] par le phénomène de l'induction lui-même. M. Fa[...] d'abord marcher à blanc cette machine, comparabl[...] cette circonstance, à une locomotive qui patine sans [...] aucun mouvement au train qui lui est attelé. Dans ces [...]

(1) On a reproché à M. Favre l'emploi de la pile de Smee, qui n'est pas constante, qui, par conséquent, ne peut servir à la vérification des lois de Ohm. Mais cette critique ne supporte pas l'examen, quand on a manié le calorimètre, qu'on a par lui mesuré une somme d'effets dont l'appréciation par rapport au temps n'importe pas du tout, et qu'enfin on sait monter la pile de Smee et la disposer pour des expériences très-courtes. Ce qui est précieux en elle, c'est qu'elle mesure elle-même l'action chimique qu'elle développe par l'hydrogène qu'elle exhale, qu'on recueille si facilement, et qui se dégage avec une grande régularité, quand la pile fonctionne lentement.

D'ailleurs, je le répète, dans l'admirable disposition des appareils de M. Favre, le calorimètre fonctionne comme une balance qui, à la fin d'une expérience, mesurerait une somme de poids ajoutés successivement. Il importe peu que ce soit par additions régulières que l'accroissement du poids total s'est effectué.

, si l'on fait la somme des quantités de chaleur cor-
dantes à la dissolution d'un équivalent de zinc dans la
 voit que cette quantité de chaleur est précisément
 ces 19 000 calories déjà obtenues par la pile qui fonc-
seule. Mais ces 19 000 calories ne sont plus décelées
ent par le premier calorimètre. Une grande partie est
 dans le second calorimètre, et c'est leur somme qui
9 000 calories.

maintenant vient-on, au moyen d'un fil sans poids sen-
u moyen d'une poulie dont le frottement est connu,
n à faire, en dehors des deux calorimètres, soulever à
hine électro-magnétique un poids connu, vient-on en-
ire exécuter un travail à cette machine, on s'aperçoit
t que tout est changé. La somme des quantités de
r observées dans les deux calorimètres n'est plus de
calories, mais un nombre beaucoup moindre, et tel que,
haque calorie perdue, un poids de 425 grammes aura été
é à un mètre. Un travail de 425 kilogrammètres aura
iné dans ces deux calorimètres la perte d'une quantité
leur nécessaire pour élever d'un degré un kilogramme

e expérience, la première qui ait fait voir que le travail
rces chimiques était lié au travail de la pesanteur par
énérale trouvée en thermo-dynamique, est une de celles
t produit la sensation la plus vive parmi tous les sa-
éminents que compte la science moderne.

ui est admirable en ceci, c'est la disposition qui per-
e mesurer le travail d'une force en annulant des causes
ur dont il est impossible de tenir compte avec nos
s actuels : la chaleur d'une étincelle produite par la ré-
e de l'air, le frottement des pièces d'un appareil com-
, la chaleur produite en même temps que les phéno-
s d'induction. Tout cela est absorbé par le deuxième
imètre.

Il faut que j'abrége, et cependant les travaux des deux
ères années de la vie scientifique de M. Favre sont d'un
 bien élevé et ont un horizon bien étendu.

s dirai-je que M. Favre a fait voir que, dans toutes ses
iences, il n'a jamais pu obtenir la transmission complète
ctricité de la chaleur dégagée dans les réactions chimi-
de la pile ; que, de plus, en introduisant dans un volta-
 bien ingénieux, où le liquide est du sulfate de cuivre,
 électrodes sont de cuivre, où, par conséquent, la com-
on du liquide est invariable, le seul effet produit par la
st un transport mécanique du cuivre sur du cuivre ; ce
port est accompagné du dégagement d'une quantité con-
able de chaleur sensible. Ne voyez-vous pas tout de suite
onséquences si grandes de cette simple expérience ?

seconde loi de la thermo-dynamique nous apprend que
une machine thermique quelconque, le maximum de la
ur qui peut être transformée en travail est donné par
ction $\frac{T-t}{273+T}$; la différence entre la température de la
r dans la chaudière et la température du condenseur
e par la première de ces températures + 273. On pres-
une loi pareille pour le travail de la pile. C'est la cha-
latente dégagée par le zinc se combinant avec les éléments
u radical sulfurique qui se transforme partie en chaleur
ble qui reste dans le calorimètre contenant la pile, partie
ectricité qui se rend dans le voltamètre contenu dans
ond calorimètre. Là, cette électricité devra, pour opérer
la décomposition de l'eau ou de l'oxyde de cuivre, fournir à l'hydrogène ou au cuivre une certaine quantité de cette chaleur latente, de ce phlogistique que les corps perdent en se combinant. Eh bien ! cette conversion ne sera jamais complète, et, comme pour les machines thermiques, une certaine quantité de l'électricité se changera en chaleur sensible. Quelle est la loi de ces phénomènes ? comment cette loi se rattachera-t-elle à la loi de Carnot ? voilà le problème dont M. Favre cherche en ce moment la solution (1).

Voyez comment, sur son chemin, il trouve encore une belle expérience. Je mets toujours dans son premier calorimètre les éléments de ma pile ; dans le second, un voltamètre, dont le liquide est une solution d'acide iodhydrique. Voici le phénomène étrange qu'a constaté M. Favre. D'abord, le premier effet de la pile est de décomposer l'acide iodhydrique en iode qui reste dans la liqueur, et en hydrogène que l'on recueille.

La chaleur latente absorbée par l'hydrogène et par l'iode est naturellement enlevée au premier calorimètre, dont la température baisse. Le second s'échauffe peu d'abord ; puis la quantité de chaleur sensible qu'il accuse augmente peu à peu, en même temps que la quantité d'hydrogène dégagé et que, par conséquent, la quantité de chaleur latente absorbée diminuent. Le maximum de cette transformation des énergies a lieu lorsque les dernières bulles d'hydrogène cessent de se produire et que la liqueur est fortement iodurée. Il est bien entendu que, dans tous ces différents temps de l'opération, la somme des quantités de chaleur sensible observées dans les deux calorimètres, et de la quantité de chaleur latente absorbée par l'hydrogène, est égale à 19 000 calories. Le plus extraordinaire, c'est qu'au moment où la dernière bulle d'hydrogène s'est produite, le phénomène change de face brusquement. Le calorimètre du voltamètre se refroidit, celui de la pile s'échauffe, et bientôt on obtient dans ce premier voltamètre seulement la production des 19 000 calories ; le courant continue dès lors à passer au travers de l'acide iodhydrique ioduré sans l'échauffer et sans le décomposer, comme s'il passait au travers du mercure.

8° C'est une tâche ingrate d'avoir à exposer des faits qui appartiennent à cette partie de la physique, la calorimétrie, qui est aujourd'hui si complétement négligée par tous, excepté par M. Regnault. Mais quand ils sauront combien est intéressante et féconde la partie de cette science que M. Favre s'est réservée, mes lecteurs m'excuseront de les avoir entretenus si longtemps.

Il est bon aussi qu'on sache dans quelles circonstances cet homme infatigable a poursuivi des travaux si pénibles et qui attiraient si peu, à l'origine, l'attention des savants. Venu à

(1) L'interprétation des phénomènes découverts par M. Favre que je propose ici, est essentiellement différente de celle qu'a admise leur auteur, et qui est fondée sur les idées introduites depuis longtemps dans la science à propos de ce qu'on appelle l'état naissant en chimie. Rien n'est plus légitime que cette interprétation de M. Favre, et elle se prête même admirablement au développement des hypothèses introduites dans la chimie organique. Mais j'ai réalisé dans ces derniers temps un certain nombre d'expériences, effectué un certain nombre d'analyses, d'où il résulte que cet état particulier et mystérieux qu'on suppose exister pour certains corps dissous et entraînés en combinaison, n'a pas besoin d'être supposé pour expliquer des phénomènes chimiques d'un certain ordre. Tout est bien plus simple, quand on considère les réactions directes qui se produisent réellement entre les corps mis en présence, et l'on enlève de la science une idée vague, fausse en partie au moins, quand on supprime logiquement, comme je le ferai voir, cette notion hypothétique de l'état naissant.

sorte avec le Zèbre, avec le Dauw, etc. Comment donc croire que la fécondité, ou tout au moins la promiscuité entre représentants de la même espèce puisse être un critérium de l'identité spécifique? Il y a cependant encore des naturalistes qui voudraient la représenter comme une pierre de touche infaillible, simplement afin de pouvoir soutenir cette thèse : tous les hommes descendent d'un couple unique.

Ces faits s'ajoutent à tant d'autres qui, chaque jour, font ressortir davantage la probabilité que les individus d'une même espèce, vivant sur des aires géographiques sans communication entre elles, aient eu une origine indépendante (1). Ils nous obligent à écarter de la définition philosophique de l'espèce l'idée d'une communauté d'origine, et, conséquemment aussi, l'idée de la nécessité d'un lien généalogique. La preuve que tous les animaux ont été originellement créés en nombre immense est tellement forte, que l'hypothèse de leur apparition première par couples singuliers est, on peut le dire, presque entièrement abandonnée par les naturalistes. Cela étant, la dérivation sexuelle ne constitue pas le caractère essentiel et nécessaire des espèces, encore bien que le rapprochement des sexes soit le procédé naturel de leur reproduction et de leur multiplication. Si nous sommes conduits à admettre, comme point de départ pour chaque espèce, l'apparition d'un très-grand nombre d'individus; si la même espèce a pu prendre origine à la fois dans des localités différentes, entre ces premiers représentants de l'espèce au moins, le lien provenant d'une même filiation n'existait pas. Or, comme le même argument s'applique tout aussi rigoureusement à un premier couple unique, ce fantastique critérium de l'identité spécifique doit être abandonné dans un cas comme dans l'autre. Avec lui disparaît à son tour la prétendue *réalité* de l'espèce, opposée au mode d'existence des genres, des familles, des ordres, des classes, des embranchements. Ce qui, en effet, possède la réalité de l'existence, ce sont les individus, ce ne sont pas les espèces. Nous pouvons, à la rigueur, considérer les individus comme des représentants de l'espèce, mais ni un individu, ni un nombre quelconque d'individus ne représentent simplement l'espèce sans représenter aussi en même temps le genre, la famille, l'ordre, la classe et l'embranchement.

Avant d'entreprendre de prouver tout ce que renferme cette proposition, j'examinerai d'abord les caractères de l'être individuel chez les animaux. L'existence des individus est parcimonieusement mesurée dans le temps et dans l'espace; elle a des bornes définies et appréciables. Ni l'individu, ni l'ensemble des individus à un moment donné, ne représentent complétement l'espèce. Ils n'en sont jamais que les représentants temporaires, et cela d'autant plus que l'espèce a, dans la nature, une plus longue durée. Les individus d'une espèce quelconque, ceux de toutes les espèces existant à l'heure présente, succèdent à d'autres individus qui ont vécu antérieurement et précèdent des générations qui leur survivront; ils ne constituent pas l'espèce, ils la représentent. L'espèce est une entité idéale, aussi bien que le genre, que la famille, que l'ordre, la classe ou l'embranchement; elle continue à exister, tandis que ses représentants meurent génération après génération. Mais ses représentants n'expriment pas simplement ce qu'il y a de spécifique dans l'individu, ils manifestent et reproduisent de la même manière, de génération en génération, tout ce qui en eux est générique, tout ce qui caractérise la famille, l'ordre, la classe, l'embranchement, avec la même plénitude, la même constance, la même précision. L'espèce donc existe dans la nature au même titre que tout autre groupe; elle est tout aussi idéale que le genre, la famille, etc., ou tout aussi réelle. Mais les individus existent véritablement d'une autre manière. Aucun d'eux ne présente au même instant tout ce qui est caractéristique de l'espèce; serait-il hermaphrodite; aucun couple ne le peut faire davantage, même quand l'espèce n'est pas polymorphe. Car les individus ont une croissance, une jeunesse, une maturité, une vieillesse, et ils ont durant leur vie un habitat limité. L'espèce, il est vrai, ne jouit non plus que d'une existence limitée; mais nous pouvons, pour notre dessein, considérer cette existence comme infinie, puisque nous n'avons aucun moyen d'en déterminer la durée, soit dans les temps géologiques antérieurs, soit dans la période actuelle, tandis que les cycles de la courte vie des individus sont des quantités aisément mesurables. Donc, autant il est vrai que les individus, pendant qu'ils existent, représentent leur espèce au moment actuel, mais ne la constituent pas, autant il est exact que ces mêmes individus représentent en même temps leur genre, leur famille, leur ordre, leur classe, leur embranchement. Ils en portent les caractères comme ceux de l'espèce et d'une façon tout aussi indélébile.

Comme représentants de l'espèce, les individus entretiennent les uns avec les autres les relations les plus étroites; ils sont avec le monde ambiant dans des rapports définis, et leur existence est bornée à une période définie.

Comme représentants du genre, ces mêmes individus ont certains détails d'une structure définie et spécifique, identiques avec ceux que possèdent les représentants d'autres espèces.

Comme représentants de la famille, ces mêmes individus ont une figure définie, et expriment, par des formes semblables à celles des représentants d'autres genres, ou par des formes propres si la famille ne contient qu'un seul genre, un modèle spécifique distinct.

Comme représentants de l'ordre, ces individus se placent à un rang défini, quand on les compare avec les représentants d'autres familles.

Comme représentants de la classe, ces individus manifestent le plan de structure de leur embranchement d'une manière spéciale, exécutée à l'aide de moyens spéciaux et suivant des voies spéciales.

Comme représentants de l'embranchement, ces individus sont tous organisés d'après un plan distinct qui diffère du plan des autres embranchements.

Les individus sont donc les supports, pour le moment présent, non-seulement des caractères spécifiques, mais encore de tous les traits naturels au moyen desquels la vie animale se déploie dans toute sa diversité.

Ainsi envisagés, les individus réassument toute leur dignité; ils cessent d'être absorbés dans l'espèce pour en constituer simplement la représentation, sans être rien par eux-mêmes. Au contraire, il devient évident, à ce point de vue, que l'individu est, pour l'heure présente, le glorieux porteur de toutes les richesses que l'inépuisable fécondité de la nature prodi-

(1) Sur la théorie des centres multiples de création de M. Agassiz, voyez une leçon de l'auteur lui-même dans notre tome V, page 647, 5 septembre 1868, et des leçons de M. de Quatrefages dans notre tome V, page 693, 26 septembre 1868, et surtout dans notre tome II, 1865, pages 581 et 601.

nissent la preuve que leurs unions sont fécondes ; aussi temps qu'il y aura un grand nombre d'animaux hermadites pouvant multiplier leur espèce sans que le concours eux individus soit nécessaire ; aussi longtemps qu'il y en d'autres pouvant se multiplier par différents procédés l'intervention des sexes, — on ne sera point autorisé à endre que ces animaux ou ces plantes sont des espèces s et sans mélange, et que la fécondité sexuelle est le crim de l'identité spécifique. D'ailleurs, cette prétendue re de touche n'a guère de valeur pratique dans beaucoup as offrant un très-haut intérêt scientifique. On n'y a jamais urs, et, que je sache, on n'en a jamais fait l'application un résultat satisfaisant, pour s'éclairer sur un cas dou. Elle n'a jamais été d'aucune utilité au naturaliste concieux et perplexe, en quête du degré de parenté pouvant ter entre des animaux ou des plantes étroitement alliés, vivent dans des contrées éloignées ou sur des aires géohiques dépourvues de communication. Jamais elle ne ribuera à la solution d'un problème où soient en cause parente différence, l'apparente identité, d'animaux ou de taux disparus et trouvés dans des formations géologiques rses. Dans tous les cas critiques qui exigent une exacti et une précision minutieuses, il faut rejeter ce soi-disant re comme peu sûr et nécessairement hypothétique. La nce exacte doit se passer de lui, et plus tôt elle s'en sera rrassée, mieux ce sera. Mais, de même que d'autres reli du vieux temps, c'est une manière d'épouvantail théoe qu'on garde dans sa boîte pour le faire seulement ir à certains jours, quand il s'agit de donner le change et ermer le débat sur la question de l'unité d'origine des s humaines.

est une autre erreur qui se rattache aux idées en vogue l'espèce et qu'il faut aussi que je signale : c'est cette affirion spécieuse que l'espèce n'existe pas dans la nature de nême manière que les genres, les familles, les ordres, les ses et les embranchements. Il y a des gens, Burmeister exemple, qui soutiennent positivement que l'espèce est ée dans la nature d'une tout autre manière que ces pes ; que son existence est en quelque sorte plus réelle ; des autres groupes étant regardée comme idéale, alors ne qu'on admet que ces derniers n'ont eux-mêmes rien ificiel.

caminons cela d'un peu plus près, car c'est la question entière de l'individualité qui est en cause. On ne s'y médra pas, je l'espère ; j'apprécie à toute sa valeur l'impore des rapports sexuels comme indice des liens étroits qui ssent ou peuvent unir les individus de la même espèce. Je , aussi bien que n'importe qui, dans quelle étendue ces tions se manifestent à l'état de nature. Mais je prétends ter sur ce fait incontestable qu'elles ne sont pas aussi exives que le prétendent les naturalistes, aux yeux desquels constituent un critérium infaillible de l'identité spécie. Je rappellerai à ceux qui l'oublient constamment, que ains animaux, bien que d'espèces distinctes, s'unissent ellement et ont des produits ; inféconds le plus souvent, est vrai, dans certaines espèces, mais jouissant d'une félité limitée dans quelques autres, et même, dans plusieurs, ds à un degré qu'il n'a pas été jusqu'à présent possible léterminer. Le rapprochement sexuel est le résultat, ou ôt il est l'expression la plus frappante de l'alliance étroite lie à l'origine entre les individus de la même espèce ; mais il n'est en aucune façon la cause de leur identité dans la suite des générations qui se succèdent. Après la création, les animaux de la même espèce se sont réunis par couples, parce qu'ils étaient faits l'un pour l'autre ; ils ne se sont pas recherchés dans le but de fonder leur espèce, car celle-ci existait pleinement avant que le premier individu provenant de leur union fût venu au monde.

Cette façon d'envisager le sujet acquiert d'autant plus d'importance, qu'il devient plus probable que les espèces n'ont pas pris origine par couple unique, mais ont été créées avec un très-grand nombre d'individus, dans les proportions numériques qui produisent l'harmonie naturelle entre les êtres organisés. C'est la seule explication possible de la procréation des hybrides ; elle est alors basée, en effet, sur le rapprochement naturel d'individus appartenant à des espèces très-voisines et qui peuvent devenir fécondes, l'une avec l'autre, d'autant plus facilement qu'elles diffèrent moins quant à la structure.

Pour supposer que les relations sexuelles déterminent l'espèce, il faudrait d'abord avoir démontré que la promiscuité absolue, parmi les individus de la même espèce, est le trait dominant du règne animal. Le fait est, au contraire, qu'un très-grand nombre d'animaux, sans parler de l'Homme, choisissent leur compagne pour la vie et ont rarement des rapports avec une autre. Les éleveurs savent depuis longtemps que les races diverses d'une même espèce ont moins de disposition à s'unir que les individus de la même race. Pour ma part, je ne puis pas concevoir comment des moralistes, qui soutiennent l'unité d'origine des races humaines comme un des principes fondamentaux de leur religion, peuvent en même temps justifier le rapprochement sexuel au degré de parenté et de consanguinité le plus proche, nécessaire, dans cette théorie, entre les membres de la prétendue première et unique famille humaine, quand de telles relations répugnent même aux sauvages. Et d'ailleurs, il y a d'innombrables espèces chez lesquelles un très-grand nombre d'individus ne sont jamais développés sexuellement ; d'autres où les individus sexués n'apparaissent que de temps en temps et à des intervalles éloignés, entre lesquels plusieurs générations immédiates sont produites sans aucune intervention des sexes. Chez quelques-unes la multiplication s'opère par bourgeonnement dans une proportion bien plus considérable que par génération sexuelle. Je pourrais rappeler, enfin, les phénomènes de génération alternante, aujourd'hui si bien connus chez les Acalèphes et les Vers, et le polymorphisme de plusieurs autres types. On ne peut pas méconnaître la signification de pareils faits ; à moins d'aller jusqu'à la prétention absurde que les distinctions et les définitions introduites en Histoire naturelle, dans l'enfance de cette science, doivent continuer à nous servir de critérium dans l'appréciation des phénomènes naturels ; de nier qu'il y ait lieu de réformer et de modifier nos règles, conformément aux lois de la nature, à mesure que notre connaissance fait des progrès ! C'est par exemple un caractère spécifique du Cheval et de l'Ane que de pouvoir s'unir l'un avec la femelle de l'autre, et de donner lieu à un produit qui diffère de celui que chacun d'eux eût obtenu avec sa propre femelle. C'est un trait caractéristique de la Jument, comme représentant de son espèce, de mettre au monde un Mulet, par suite de son union avec le Baudet, tandis que l'Étalon accouplé à l'Anesse procrée un Bardot. Il est encore pour eux caractéristique de produire des hybrides d'autre

notion précise leur manque ; car, s'ils la possédaient, ils se seraient aperçus déjà que cette prétendue coïncidence, entre la subordination des groupes zoologiques naturels et la succession des phases de l'évolution embryonnaire, n'existe pas dans la nature. Il y a, cela est vrai, dans le développement de l'embryon, certains traits qui peuvent faire naître l'idée d'un progrès marchant de l'organisation typique la plus générale à la spécialisation la plus extrême ; mais il ne procède pas suivant cet ordre de succession stéréotypé, ni même, en général, de la façon qu'on suppose.

Voyons s'il ne serait pas possible d'introduire un peu plus de précision dans le probable. Si ce que j'ai dit des caractères propres aux groupes naturels du Règne animal est exact, on a : 1° quatre grands embranchements ou types, caractérisés par autant de plans différents de structure ; — 2° des classes, caractérisées par les voies suivies et les moyens employés pour l'exécution du plan ; — 3° des ordres, caractérisés par la simplicité ou la complication de la structure ; — 4° des familles, caractérisées par la différence des formes ou des particularités de la structure qui déterminent la forme ; 5° — des genres, caractérisés par les détails particuliers de la structure des parties ; — 6° des espèces, caractérisées par les rapports et les proportions des parties, les rapports des individus, soit entre eux, soit avec le monde ambiant ; — on trouve enfin les individus qui, pour le moment, représentent non-seulement l'espèce avec toutes ses variétés et toutes les variations d'âge, de sexe, de taille, etc., mais encore tous les traits caractéristiques des groupes supérieurs. Voilà donc, à un bout de la série, les catégories de la structure animale les plus compréhensives, et, à l'autre bout, des individus. L'individualité d'un côté ; de l'autre, le groupe du règne animal, qui embrasse davantage. Or, pour commencer par les extrêmes notre examen critique de la marche de la vie dans ses manifestations successives, n'est-il pas évident, grâce à tout ce que l'embryologie nous apprend, que l'individualisation est le vœu de toute multiplication ou reproduction ? Un germe (ou un certain nombre de germes), œuf ovarien ou bourgeon, est tout d'abord individualisé. Il est formé et rendu distinct, en tant qu'individu, du corps de son parent, avant d'avoir assumé, soit le caractère de son embranchement, soit ceux de sa classe, etc. C'est là un fait d'une grande signification et qui montre bien l'importance qu'a l'individualité dans la nature. Après cela, il est vrai, nous apercevons généralement les linéaments du plan structural avant que la manière dont ce plan sera exécuté ne devienne apparente. Le caractère de l'embranchement est indiqué par les traits généraux avant que ceux de la classe puissent être reconnus avec quelque précision, et l'on peut baser là-dessus une des généralisations les plus importantes de l'embryologie.

On a soutenu, dans les termes les plus généraux, que les animaux supérieurs passent, durant leur développement, à travers toutes les phases qui caractérisent les classes inférieures. Ainsi formulée, cette proposition est tout à fait contraire à la vérité ; et cependant il y a, dans de certaines limites, une correspondance positive entre les phases embryonnaires du développement des animaux supérieurs et les caractères permanents d'autres animaux d'un degré inférieur. Eh bien ! le fait signalé plus haut permet de marquer avec précision les limites dans lesquelles cette correspondance peut être circonscrite. En tant qu'œufs, dans leur condition primitive, tous les animaux se ressemblent. Mais aussitôt que l'embryon commence à montrer quelques traits caractéristiques, ceux-ci présentent des particularités telles, que le type peut se distinguer. On ne peut donc pas dire qu'il y ait chez l'animal certaines phases de développement qui ne rentrent pas dans les limites de son propre embranchement. A aucun moment, un Vertébré n'est un Articulé ou ne lui ressemble ; jamais un Articulé n'est un Mollusque ; ni un Mollusque, un Rayonné ; et *vice versâ*. Quelque correspondance qu'on puisse noter entre le jeune d'un animal supérieur et l'état parfait d'un animal inférieur, elle est toujours contenue dans le cercle des représentants d'un même embranchement. Par exemple, les Mammifères et les Oiseaux, aux premiers degrés de leur développement, présentent certains traits propres aux classes inférieures des Vertébrés : Reptiles et Poissons ; les Insectes rappellent les Vers par quelques-unes de leurs phases primitives, etc. Mais cela demande quelques explications, sur lesquelles nous aurons occasion de revenir un peu plus loin. Quoi qu'il en soit, il est déjà bien évident qu'aucun animal supérieur ne traverse une suite de phases rappelant tous les types inférieurs du règne animal, mais qu'il subit simplement une série de modifications, spéciales aux animaux de l'embranchement auquel il appartient. Ce qu'on a dit du caractère infusorial des jeunes embryons de Vers, de Mollusques et de Rayonnés ne peut plus soutenir la critique ; car, d'une part, il est impossible de considérer comme une classe naturelle les animaux qu'on appelle Infusoires, et, d'autre part, les prétendus Infusoires qu'on citait sous ce rapport ne sont eux-mêmes que des embryons ayant la faculté de se mouvoir.

Avec les progrès du développement et à mesure que le type général (embranchement) devient plus distinct chez l'embryon, le plan de la structure est de plus en plus nettement révélé par les particularités de la structure elle-même. En d'autres termes, les voies et les moyens d'exécution rendent bien saillant le plan d'abord esquissé à peine. Par suite, les caractères de la classe deviennent visibles. C'est ainsi qu'une larve d'Insecte, vermiforme, montre déjà, par ses trachées, qu'elle sera un jour un Insecte, et non pas un Ver, comme elle en a, pour le moment, l'apparence. Mais les complications de cette structure spéciale, qui sont le fondement des ordres de la classe des Insectes, n'apparaissent point encore. Cela ne s'achèvera qu'à une dernière période de la vie embryonnaire. Au point où nous en sommes, on observe fréquemment une avance remarquable des caractères de la famille sur ceux de l'ordre. Par exemple, un jeune Hémiptère ou un jeune Orthoptère peuvent être sûrement rapportés à leur famille respective d'après les caractères qu'ils présentent, bien avant de manifester les particularités qui les caractériseront comme Hémiptère ou Orthoptère. De même on peut reconnaître que de jeunes Poissons font partie d'une certaine famille avant que les caractères de leur ordre soient apparents, etc.

La raison de ce fait saute aux yeux. Au fur et à mesure des progrès de la structure, la forme générale s'ébauche peu à peu, et elle a déjà acquis quelques-uns des traits qui la distinguent bien avant que toutes les complications de la structure qui caractérisent l'ordre soient devenues visibles. Et, comme la forme caractérise essentiellement les familles, on voit tout de suite pourquoi le type de la famille est nettement marqué chez un animal avant que les caractères de l'ordre soient développés. Les caractères scientifiques eux-mêmes, — au moins

ui, dépendant de la proportion des parties, ont pour e influence modificatrice sur la forme,— peuvent être us bien longtemps avant que les caractères de l'ordre cquis leur pleine expression. La Tortue qui happe, par le, montre son petit sternum en forme de croix, sa lon- eue, ses habitudes féroces, même avant de sortir de avant de respirer par des poumons, avant que son se soit durci en une carapace osseuse, etc. ; bien plus, ppe, la bouche béante, dès qu'on en approche quelque même alors qu'elle est encore entourée de son amnios on allantoïde et que la masse du jaune est plus grosse lle de son corps (1). Le Veau prend la forme bovine vant d'avoir acquis les caractères d'un Ruminant à creuses ; le Faon présente toutes les particularités de èce avant que celles de sa famille soient développées. nt aux caractères du genre, on peut dire qu'il est très- u'ils s'accentuent dans un type quelconque du règne , avant que les traits spécifiques soient pour la plupart ment dessinés, sinon complétement formés. Peut-il y le moindre doute qu'un embryon humain appartient re Homme, même avant qu'une seule dent ait percé ? qu'un petit Chat, un petit Chien ne sont pas reconnais- comme Chat et comme Chien avant que les griffes et ts indiquent leur genre ? Cela n'est-il pas vrai encore neau, du Chevreau, du Poulain, du Lapereau, du Sou- , de beaucoup d'Oiseaux, de Reptiles, de Poissons, d'In- de Mollusques, de Rayonnés ? Et pourquoi ? Simple- arce que les proportions des parties, qui constituent actères spécifiques, sont reconnaissables avant l'achève- les détails de la structure, qui caractérisent le genre. faits me paraissent de nature à avoir quelque influence progrès à venir de la zoologie. Ils nous permettront nais de démêler de plus en plus nettement les traits squels se fondent les différences et la subordination des es du règne animal. Cette analyse de leur ordre d'appa- contrôle, pour ainsi dire, mes précédentes assertions valeur respective et les caractères saillants de ces divi- L'épreuve est favorable, et cette circonstance ajoutera, se, à la probabilité de leur exactitude.

cela a une autre portée très-considérable. Pour que yologie puisse fournir les moyens de résoudre quel- ns des difficiles problèmes de la zoologie, il est indis- ble de bien déterminer d'abord ce que sont les caractè- l'embranchement, de la classe, de l'ordre, de la famille, re et de l'espèce. Or, si l'on suppose que ces caractères issent nécessairement dans l'ordre de leur subordina- endant le développement embryonnaire, il n'y a rien endre à cet égard dans les monographies embryologi- Il est bien rare que les embryologistes se préoccupent oint si utile à connaître pour le zoologiste. D'autre tant qu'on ignore ce qui constitue positivement les ères des groupes qui viennent d'être nommés, il est im- le de découvrir les caractères d'un genre dont on ne t qu'une seule espèce, d'une famille ne possédant qu'un etc. Par la même raison, on prétendrait vainement ar- river à un résultat légitime, en ce qui concerne la limitation naturelle des genres, des familles, des ordres, etc. ; et, sans cela, pourtant, on ne doit pas même songer à entreprendre une classification permanente du règne animal. Encore moins pourrait-on espérer d'établir une base solide pour la compa- raison générale des animaux actuellement vivants avec ceux qui ont peuplé la surface du globe, aux anciens âges géolo- giques.

Ce n'est pas le hasard qui m'a engagé dans cette étude, mais bien la nécessité. Chaque fois que j'ai voulu comparer, par groupes plus ou moins compréhensifs, les animaux de la présente période avec ceux des âges antérieurs, ou les pre- mières phases du développement d'animaux supérieurs avec l'état adulte d'animaux inférieurs, j'ai constamment été arrêté dans ma marche par des doutes sur l'égale valeur des *mesures* que j'employais. A la fin, j'ai fait de ces mesures elles-mêmes l'objet d'investigations immédiates et très-éten- dues, qui ont embrassé un champ beaucoup plus vaste qu'on ne le croirait en lisant ces observations. En effet, j'ai, pour la commodité de mes études, revu, d'après ces principes, pres- que tout le règne animal ; et j'ai introduit presque pour cha- que classe des changements tout à fait inattendus dans la classification.

J'ai déjà exprimé (1) la conviction où je suis qu'il n'y a qu'un système vrai : celui de la nature ; et que, par consé- quent, personne ne doit avoir l'ambition d'élever un système à soi. Je n'essayerai pas même de présenter ici ces résultats sous la forme d'un diagramme. Je me borne à exprimer la conviction que tout ce que nous pouvons véritablement faire de mieux, c'est de traduire, avec l'imperfection du langage humain, les pensées profondes, les relations sans nombre, la signification insondable du plan que manifestent et réalisent les objets naturels eux-mêmes. Et ma plus haute récompense serait de constater un jour que j'ai contribué à maintenir les observateurs dans la voie de la vérité.

L. Agassiz.

COLLÉGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (2)

II

Les mouvements de l'aile chez les insectes

Pour arriver à une connaissance complète du mécanisme du vol chez les insectes, je vous ai dit que nous devrions, au préalable, résoudre un certain nombre de questions pratiques qui nous serviraient d'échelons pour nous élever à une con- clusion définitive.

Je pourrais vous présenter immédiatement le résultat final des expériences auxquelles je me suis livré à ce sujet, et la théorie qui les résume ; au lieu de cela, je préfère procéder d'une autre manière. J'entrerai dans l'examen des faits, dans le détail de l'expérimentation, afin que chacun des auditeurs puisse participer plus complétement aux études que nous poursuivons ensemble, car je suis persuadé que pour cer-

.e prince Max von Neuwied cite comme un fait remarquable que onura serpentina mord aussitôt qu'il sort de l'œuf. Je l'ai vu avec autant de férocité que le fait l'adulte, alors qu'il n'était u'un embryon pâle et presque incolore, enroulé dans ses enve- etales, le jaune, plus volumineux que le corps, pendant sous le , trois mois avant l'éclosion.

(1) Voyez notre tome V, page 345, 2 mai 1868.

(2) Voyez ci-dessus, page 61, numéro du 26 décembre 1868.

tains d'entre vous, il y a autant de profit à savoir comment on arrive au résultat qu'à connaître ce résultat en lui-même.

I. — Nous avons commencé à étudier les mouvements de l'aile, et comme première question, la fréquence de ces mouvements. Sur ce point l'observation directe est d'un faible secours : la méthode acoustique qui consiste à apprécier la fréquence des battements par la tonalité du bourdonnement de l'insecte, serait plus parfaite ; mais, nous avons vu que le principe même de cette méthode avait été contesté par certains naturalistes, et que son application présentait des difficultés.

Reste la méthode graphique. Cette méthode consiste à faire écrire par l'aile même les battements qu'elle exécute.

Or, lorsqu'un insecte est retenu en captivité par une force qu'il n'a point l'espoir de vaincre, il arrive que l'animal cesse une résistance inutile : il se résigne et s'abstient de tout effort pour s'échapper ; ses ailes demeurent immobiles, et, de cette façon, l'espoir de l'observateur qui pensait étudier leurs battements se trouve déçu. Mais, il y a différents moyens de rendre à l'insecte son activité première : il suffit parfois de pincer légèrement les antennes ; cette excitation portée sur des organes extrêmement sensibles tire l'insecte de sa torpeur : ce procédé réussit chez le macroglosse. Chez les guêpes, on atteint le but en titillant les pattes, ou bien en les prenant toutes à la fois, puis les lâchant brusquement, à l'exception d'une seule par laquelle on retient l'animal. Le captif se croit débarrassé de ses liens, il a l'illusion qu'on lui rend la liberté, et les efforts de vol qu'il fait pour en profiter et s'éloigner durent assez longtemps pour être observés, environ une trentaine de secondes.

Autre difficulté. L'insecte captif, quand il le voudrait, ne volerait pas encore comme l'insecte en liberté, car il ne rencontre pas autour de lui les mêmes conditions extérieures. Il éprouve une résistance beaucoup plus considérable, proportionnelle à la traction qu'il exerce sur le lien qui l'attache ; il est par rapport à l'insecte libre ce qu'est la barque obligée de tirer sur une amarre à la barque voguant en liberté, ce que le cheval qui traîne un fardeau est au cheval exempt d'entraves. Cette résistance modifie considérablement son allure, et elle nous oblige à distinguer dans le vol de l'insecte deux conditions différentes : le *vol libre*, le *vol captif*.

Ces réserves étaient indispensables à établir, pour apprécier à leur juste valeur les résultats auxquels nous conduiront aussi bien la méthode graphique que les autres méthodes que nous emploierons.

L'appareil sur lequel l'aile tracera ses mouvements est l'*appareil enregistreur* ordinaire. C'est un cylindre métallique recouvert d'un papier noirci par la fumée, auquel un mécanisme d'horlogerie imprime un mouvement de rotation uniforme. Imaginons qu'au lieu des battements de l'aile, on veuille tout simplement enregistrer les oscillations d'une verge vibrante. Celle-ci sera disposée devant l'appareil enregistreur et son extrémité munie d'un petit style qui touchera par sa pointe le papier noirci. A mesure que les différentes génératrices du cylindre mobile défileront successivement devant lui, ce petit *style écrivant* enlèvera le noir de fumée aux points qu'il touchera ; s'il est immobile, il laissera une longue trace blanche, rectiligne, sans sinuosités, ligne droite qui, enroulée sur le cylindre, constitue une circonférence. S'il est en mouvement, sa trajectoire sera une ligne courbe dont les sinuosités peindront toutes les circonstances du mouvement, ses phases d'élévation, ses chutes, en un mot toutes ses péripéties ; par conséquent, les oscillations que la verge vibrante exécute dans l'espace seront fidèlement reproduites dans le dessin.

Veut-on connaître la fréquence de ces oscillations ? Il suffit de connaître la vitesse de rotation du cylindre. D'ordinaire on emploie un diapason dont le son résulte d'un nombre de vibrations connu d'avance, soit, pour fixer les idées, cent vibrations à la seconde. On le met en mouvement, et on lui fait écrire ses vibrations sur le cylindre enregistreur au-dessous de la ligne tracée par la verge vibrante. La comparaison des deux graphiques fait voir immédiatement à combien de va-et-vient du diapason, c'est-à-dire à combien de centièmes de seconde correspond une oscillation de la verge : on sait ainsi avec une exactitude parfaite combien ce corps vibrant exécute d'excursions dans un temps donné. Le problème de la *fréquence* est facilement résolu.

Il n'est pas aussi simple d'avoir le graphique de l'aile d'un insecte que d'obtenir celui d'une verge vibrante ; et cela pour plusieurs raisons.

Et d'abord il sera très-difficile de fixer à l'extrémité de l'aile un style écrivant ; quelque léger qu'il soit, la rapidité du mouvement auquel il est soumis suffira, dans la plupart des cas, à vaincre son adhérence et à le projeter au loin. Si enfin, après beaucoup de précautions, on est parvenu à le maintenir en place, il ne résultera pas moins de sa seule présence une cause permanente de perturbation dans le jeu de la membrane alaire. Sous l'influence de cette charge, on verra diminuer l'amplitude et la fréquence des battements de l'aile. Il est facile de s'en assurer directement. Prenons un macroglosse, et fixons-le de la manière que nous avons indiquée dans la précédente leçon, c'est-à-dire que nous l'immobiliserons entre deux liéges au moyen d'une épingle. En le regardant de face, on aperçoit les limites extrêmes du parcours des ailes en haut et en bas : ce que nous avons appelé les *points morts*. Si l'on vient à appliquer quelque substance sur la surface de l'aile, on verra, par l'effet de cette charge, l'amplitude du jeu de l'organe diminuer, les deux limites de l'oscillation se rapprocher l'une de l'autre, et la position supérieure extrême, qui tout à l'heure était presque verticale, s'incliner en se rapprochant de l'horizontale.

Remarquons enfin que c'est seulement au prix d'un frottement considérable contre la surface du cylindre tournant que nous obtiendrons un dessin complet du mouvement de l'aile. Son extrémité libre ne saurait conserver un contact également intime et modéré avec la surface enregistrante. En effet, cette extrémité assujettie à rester à une distance constante du point d'implantation de l'aile, ne peut toucher le cylindre que pendant un instant très-court de son évolution : c'est l'instant où la longueur de l'aile atteint précisément la distance du corps de l'animal à la surface cylindrique. La figure sphérique que l'extrémité alaire décrit dans l'espace ne pouvant avoir plus d'un point commun avec le cylindre noirci, on n'obtiendrait pour tout dessin qu'une série de points plus ou moins régulièrement espacés, et, si l'on veut obtenir un contact plus prolongé, ce ne sera qu'en courbant l'aile, en l'écrasant sur elle-même, et par suite on aura falsifié et altéré la courbe naturelle que l'organisation de l'insecte lui impose de parcourir.

En tout cas, le frottement contre la surface noircie sera beaucoup augmenté, et si la force retardatrice qu'engendre

ttement est complétement négligeable lorsqu'elle ue à des corps de grande masse, comme le diapason erge vibrante, elle ne l'est plus lorsque le corps vi- st cette fine et délicate membrane qui constitue l'aile nsecte. Alors cette force, tout à l'heure infiniment se trouve entièrement comparable à celles qui entrent dans le mouvement de l'aile, et son intervention altère ment l'action de ces dernières. L'expérience a con- es vues. Un insecte exécutant les mouvements du vol tant assez fortement son aile sur le papier a fourni uvements par seconde; en diminuant de plus en plus tacts de l'aile avec le cylindre, on a obtenu des nom- plus en plus grands : 282, 305 et 321.

dra donc, si l'on veut un graphique fidèle, renoncer à ces belles lignes régulières et continues que four- les diapasons ou les verges qui vibrent; il faudra se er de lignes interrompues, entrecoupées, se présentant gments, ou même n'offrant que des points isolés; le périodique de certaines formes dans ces dessins



2. — Montrant la fréquence des battements de l'aile chez un bourdon (les trois lignes supérieures) et chez une abeille (la ligne ponctuée inférieure). — La ligne quatrième est produite par les vibrations d'un diapason muni d'un style qui exécute 250 vibrations doubles par seconde.



FIG. 3. — Graphique produit par l'aile d'un bourdon frottant un peu plus fortement sur le papier que dans l'expérience précédente.

ets permettra de conclure au retour d'oscillations es, et par conséquent d'en établir la fréquence.

comment on opère :

end avec une pince délicate l'insecte dont on veut les mouvements alaires au point de vue de la fré- et, saisissant l'animal par la portion inférieure de en, on le place de telle sorte que l'une des ailes, à de ses mouvements, vienne légèrement frôler contre r noirci. Chacun de ces contacts enlève le noir e qui recouvrait le papier, et comme le cylindre des points nouveaux se présentent sans cesse au de l'aile de l'insecte. On obtient ainsi une figure for- ne série de points ou de courtes hachures d'une régu- rfaite, si l'insecte a été maintenu dans une position (fig 2 et 3).

avons obtenu un grand nombre de ces graphi- l'aile n'a fait qu'effleurer la surface du cylindre reur et a laissé seulement un point comme trace de de ses vibrations. J'en fais passer un certain nombre yeux ; je compte, du reste, dès que le retour de la son nous permettra de nous procurer quelques insec- rendre témoins des expériences par lesquelles on a es dessins. Ceux que vous examinez en ce moment ont permis de déterminer la fréquence des battements chez certaines espèces d'insectes.

J'ai trouvé :

Mouche commune............	330
Bourdon....................	240
Abeille......................	190
Guêpe......................	110
Macroglosse du caille-lait.......	72
Libellule.....................	28
Papillon (piéride du chou)......	9

Certains auteurs ont apprécié par la méthode acoustique ces nombres de vibrations, mais il y a un écart notable entre les chiffres ci-dessus et ceux qui ont été déduits de la tonalité du son produit dans le vol des insectes. Pour le cas de la mouche commune, Th. Lacordaire évalue à 600 par seconde le nombre de ses vibrations alaires, c'est-à-dire qu'il admet un chiffre double du nôtre. N'y aurait-il pas là un malentendu comme il s'en est produit fréquemment sur le mot « vibration » ? Quelques personnes considèrent, à tort, comme deux vibrations l'allée et le retour de la membrane vibrante, et elles réservent le nom de vibrations simples à l'un ou à l'autre de ces mouvements isolés : on doit au contraire, si l'on veut se conformer à l'usage le plus généralement établi, considérer comme une seule vibration l'ensemble de ces deux oscillations après lesquelles le corps se trouve ramené à son point de départ.

Les observations que nous avons faites plus haut sur le vol libre et le vol captif restreignent un peu la généralité qu'on serait tenté d'accorder à ces nombres. L'animal, suivant qu'il veut avoir une rapidité plus ou moins grande, peut changer à son gré, non-seulement l'amplitude de ses battements d'aile, mais encore, dans une certaine mesure, leur fréquence. La fatigue peut exercer une influence analogue à celle de la volonté : après des mouvements très-rapides, l'animal s'épuise, il ralentit ses battements dont le nombre tombe quelquefois au quart ou au cinquième de sa valeur normale. Il continue à les espacer de plus en plus, jusqu'à ce qu'une période de repos et de réparation lui ait permis de reprendre son allure primitive.

Néanmoins l'examen de ces nombres peut suggérer quelques considérations générales. On a des raisons de penser que chacune des contractions musculaires qui déterminent le

mouvement d'abaissement de l'aile est le résultat d'une secousse unique (*Zuckung* des Allemands), tandis que, chez l'homme, la contraction est due à la fusion de secousses successives qui disparaissent les unes dans les autres lorsqu'il s'en produit plus d'une trentaine par seconde. Chez les insectes la limite à laquelle arrive la fusion est infiniment plus reculée ; cependant la fusion finit par se produire, et l'aile se trouve immobilisée dans une sorte de contraction tétanique permanente. Il est facile de s'en assurer au moyen d'insectes vivants, ou mieux au moyen de l'*insecte artificiel* que j'ai construit. Lorsque les impulsions deviennent trop rapides, leur amplitude diminue ; à ce moment, elles ne servent plus à la progression de l'animal, dont les ailes semblent planer immobiles ou à peine agitées d'un léger frémissement.

Néanmoins le nombre déjà très-considérable d'ondes musculaires que la fibre de l'insecte peut admettre sans les fusionner, nombre qui, chez la mouche, dépasse 300 à la seconde, constitue un fait physiologique très-intéressant à noter. Chez aucun autre animal la limite n'est aussi reculée : chez l'oiseau, la fusion se produit après 75 secousses ; chez les mammifères, après 30, et chez les reptiles, après 4 seulement. Ces différences correspondent, en vertu de relations que je vous ai anciennement expliquées, à des différences analogues dans la vitesse avec laquelle l'*onde élémentaire* parcourt la fibre musculaire de ces divers animaux. La fibre musculaire de l'insecte sera donc caractérisée *physiologiquement* par la propriété qu'elle possède de fournir un nombre considérable d'ondes distinctes, de même qu'elle est caractérisée *anatomiquement* par sa grosseur et sa striation plus nette que chez les autres êtres vivants.

Le même procédé graphique qui nous a permis de juger de la fréquence des battements nous permettra encore de montrer le synchronisme parfait du jeu des ailes. Il faudra choisir un insecte dont les vibrations alaires soient très-amples, de façon que, dans leur mouvement d'élévation, elles viennent presque se rejoindre au-dessus de la région dorsale de l'animal. Si l'insecte est placé assez près du cylindre enregistreur, la région dorsale orientée vers la surface noircie, il est clair que dans le moment où les ailes se rapprocheront, elles viendront inscrire leurs traces sur le papier ; elles détermineront ainsi une série de renflements et d'étranglements dont la correspondance parfaite prouvera le synchronisme des actions qui les engendrent (fig. 4).



FIG. 4. — Graphique simultané des mouvements des deux ailes d'un bourdon dans le petit vol. (On voit le synchronisme parfait du mouvement des deux ailes.

Du reste, on peut se convaincre qu'il existe une sorte de solidarité nécessaire entre les mouvements des deux ailes. Si on lance violemment un insecte contre le sol, de manière qu'il soit étourdi par cette commotion violente et ne puisse plus exécuter de mouvements volontaires, on voit, en imprimant des mouvements à l'une des ailes, que celle de l'autre côté suit jusqu'à un certain point les mouvements imprimés à sa congénère ; si l'on écarte une aile du corps de l'animal, l'autre s'écarte aussi ; si on la porte en haut, l'autre s'élève. Certaines espèces, la guêpe, par exemple, m'ont paru se prêter très-bien à cette expérience.

D'après Chabrier, l'auteur d'un travail étendu sur le mécanisme du vol chez l'insecte, le synchronisme ne pouvait manquer d'exister. Cet auteur considère l'abaissement de l'aile comme le seul temps actif du battement ; son redressement est un phénomène passif, dû à l'action de forces physiques. En effet, par suite de l'abaissement, chaque arceau dorsal du thorax se trouve infléchi comme un arc qu'on bande, et lorsque la contraction musculaire a cessé, l'arceau se détend en vertu de son élasticité et l'aile se relève. Or, si la pression n'agissait pas simultanément aux deux extrémités de l'arceau, il ne pourrait se fléchir comme il fait, et le mécanisme que nous supposons serait impossible. La réalité de ce synchronisme est donc une forte preuve en faveur de cette manière de concevoir le mouvement de l'aile.

Après avoir déterminé d'une façon générale la fréquence des vibrations de l'aile, on a cherché à connaître les variations produites dans le nombre de ces vibrations par les agents capables d'influencer l'activité de l'animal. Au premier rang il faut placer la chaleur et le froid. On sait qu'il faut un temps sec et chaud aux insectes, et surtout aux coléoptères, pour bien voler ; l'observation directe a confirmé ce fait : elle a permis de constater que, dans certaines limites, la fréquence des battements augmentait avec la température et qu'elle s'abaissait lorsqu'il se produisait un refroidissement graduel.

II. — Forme des mouvements de l'aile.

Après avoir étudié la *fréquence* des vibrations de l'aile, il nous faut étudier leur *forme*. Pour le but que nous poursuivons, qui est de donner une théorie du vol des insectes, l'élément le plus important à connaître, c'est celui que nous abordons en ce moment : c'est la forme de la trajectoire que l'aile décrit dans l'espace plutôt que la rapidité avec laquelle cette trajectoire est décrite.

Pour arriver à cette détermination, nous aurons recours à deux procédés qui se contrôleront réciproquement :

Le procédé optique.

Le procédé graphique ordinaire.

Détermination optique des mouvements de l'aile. — Lorsqu'un corps brillant se déplace avec rapidité, il laisse dans notre rétine une sorte de traînée lumineuse qui nous fait connaître la trajectoire que ce corps a parcourue. C'est ainsi que les enfants s'amusent quelquefois à produire les dessins les plus variés en agitant rapidement dans l'air une baguette enflammée à l'une de ses extrémités. C'est sur ce principe qu'est fondé l'appareil connu en physique sous le nom de *verges de Wheatstone*. Ce sont des verges à vibrations complexes, qu'on a soin de terminer par des boules métalliques brillantes ; si on les met en vibration, la partie brillante décrit dans l'espace des figures lumineuses variant avec les différentes combinaisons des mouvements vibratoires. Si l'on pouvait attacher à l'extrémité de l'aile une paillette brillante, cette paillette, parcourant sans cesse les mêmes points de l'espace, laisserait une figure lumineuse, continue, et exempte

éformation que peut donner le frottement contre la lu cylindre.

ut rendre brillante l'extrémité de l'aile d'un insecte mutiler en aucune façon : il suffit d'y déposer une vernis sur laquelle on applique une portion de ces euilles d'or qu'on se procure chez les batteurs. La ion du vernis est assez rapide pour que l'insecte ne s décoller ce petit corps. On maintient l'animal im- t l'on n'a plus qu'à observer les jeux de lumière tite surface brillante.

es conditions, l'abeille et la guêpe fournissent un hiffre très-bien marqué (fig. 5).



Aspect d'une guêpe à laquelle on a doré l'extrémité des deux grandes ailes. L'animal est supposé placé dans un rayon de soleil.

oucles du huit sont plus ou moins élargies ou compri- uivant les cas : parfois même la pointe de l'aile semble oir presque dans un plan. Chez la libellule, on observe un huit de chiffre, mais beaucoup plus allongé : les sont étroites, latéralement comprimées. Chez le ma- e du *Galium*, il semble parfois que la forme précé- it disparu et soit remplacée par une sorte d'ellipse. ant, en y regardant de près, on ne tarde pas à s'aper- que cette ellipse est surmontée d'une petite boucle développée relativement à la courbe qui la supporte : le que l'une des boucles se soit agrandie aux dépens re ; mais celle-ci n'a point entièrement disparu, et le qui en reste témoigne de la persistance de cette forme de chiffre qu'on rencontre dans la plupart des autres qui peut servir de type général.

gements de plan de l'aile. — La figure lumineuse que dans ses mouvements l'aile dorée d'un insecte montre que, pendant les mouvements alternatifs du vol, le l'aile change d'inclinaison par rapport à l'axe du corps secte. Pendant la période d'ascension, la face supé- de l'aile regarde en arrière, tandis qu'elle regarde un avant pendant la descente.

ffet, si l'on dore une grande étendue de la face supé- de l'aile d'une guêpe, en ayant soin que la dorure soit mitée à cette face, on voit que l'animal, placé dans un le soleil, donne la figure du huit avec une intensité gale dans les deux moitiés de l'image, ainsi qu'on le voit dans la figure précédente. — Il est évident que la cause de ce phénomène réside dans un changement de plan de l'aile, changement par suite duquel l'incidence des rayons solaires favorable pour leur réflexion pendant la période d'ascension, est défavorable pendant la descente. Si l'on retourne l'animal de façon à observer en sens inverse la figure lumineuse, le huit de chiffre présente en sens inverse l'inégal éclat de ses deux moitiés, prend de l'éclat dans la portion qui tout à l'heure n'en avait pas, et perd celui qu'il avait dans l'autre portion.

Nous trouverons plus loin, dans l'emploi de la méthode graphique, de nouvelles preuves de ces changements du plan de l'aile des insectes pendant le vol. Ce changement de plan est d'une grande importance, car c'est en lui que réside, comme nous le verrons, la cause prochaine de la force motrice qui déplace le corps de l'animal.

Méthode des contacts. — L'extrémité de l'aile décrit-elle, en réalité, cette double boucle que nous apercevons, ou bien cette forme ne serait-elle autre chose qu'une illusion d'optique, un simple jeu de lumière ? Quelque peu probable que soit une pareille objection, il faut la réfuter. Pour m'assurer encore mieux de la réalité des déplacements de l'aile que la méthode optique rend perceptibles, j'ai introduit l'extrémité d'un petit poinçon dans l'intérieur des boucles du huit de chiffre, et j'ai constaté que, dans l'intérieur de ces courbes, il existe réellement des espaces libres, en forme d'entonnoir, dans lesquels le poinçon pénètre sans rencontrer l'aile ; tandis que, si l'on veut franchir l'intersection où les lignes se croisent, l'aile vient aussitôt battre contre le poinçon, et le vol est interrompu.

On peut apporter encore une plus grande précision dans l'appréciation de ces mouvements, et, sachant que l'aile décrit une double boucle, on peut savoir encore dans quel sens elle en parcourt les branches. Il suffit d'approcher de l'aile en mouvement une feuille de papier noircie des deux côtés : l'aile, en poursuivant sa course, vient frapper contre une des faces du papier, et la trace qu'elle y laisse témoigne du sens dans lequel s'accomplissait le mouvement.

Méthode graphique. — La méthode graphique n'est applicable à notre problème qu'avec de fortes modifications. Nous venons de voir qu'il est difficile de recueillir des graphiques de quelque étendue, parce que l'aile ne peut rester pendant longtemps en contact avec le cylindre noirci, dont elle s'éloigne et se rapproche successivement. Dans ces conditions spéciales, il faut recourir à un artifice, et puisqu'il est impossible d'obtenir d'un seul coup un tracé satisfaisant, on devra essayer de diviser la difficulté et de fragmenter l'opération en plusieurs périodes. Les expériences précédentes simplifieront beaucoup l'interprétation de ces graphiques incomplets, et nous pourrons, avec des éléments épars, reconstituer la figure que la méthode optique nous a indiquée.

J'ai considéré, dans l'excursion complète de l'aile d'un insecte, telle qu'elle est représentée dans la figure 5, trois zones distinctes dont j'ai recueilli séparément les graphiques : une zone inférieure correspondant à la portion inférieure du huit de chiffre ; une zone moyenne et une zone supérieure correspondant aux parties moyenne et supérieure de cette figure. Puis, rapprochant les dessins obtenus dans ces trois opérations successives et les accolant entre eux, j'ai pu reconstituer la courbe totale. En enregistrant les graphiques de la zone

moyenne, on obtient des figures assez semblables entre elles, présentant deux traits entrecroisés, comme le montre la figure 6.

La portion supérieure était en forme de boucle, ainsi que la portion qui correspond au parcours inférieur de l'aile. Et ces trois parties successivement obtenues donnent, si on les réunit entre elles, la représentation complète d'un huit de chiffre tel qu'on l'obtient en acoustique en enregistrant à la manière de Kœnig les vibrations d'une verge de Wheatstone accordée à l'octave (fig. 7).



FIG. 6. — Graphique de la zone moyenne du parcours de l'aile d'un macroglosse du caille-lait. Les traits multiples dont ce graphique est formé tiennent à ce que l'extrémité de l'aile est frangée et présente des pointes multiples.



FIG. 7. — Graphique d'une verge de Wheatstone accordée à l'octave, c'est-à-dire vibrant deux fois transversalement pour chaque vibration longitudinale (figure empruntée à R. Kœnig). Le ralentissement du cylindre produit la condensation de la fin du graphique.



FIG. 8. — Cette figure montre, dans le graphique d'une guêpe, la boucle supérieure et toute l'étendue d'une des branches du huit. La partie moyenne de cette branche est seulement ponctuée à cause du faible frottement de l'aile.

On peut encore varier l'expérience en recueillant, non plus le graphique de la pointe d'aile, mais celui du bord antérieur de cette membrane venant frapper latéralement contre le cylindre. Il est clair qu'en décrivant la boucle supérieure, ce bord se rapprochera du cylindre, puis s'en écartera; de même fera-t-il en décrivant la boucle inférieure, en sorte que, dans une excursion complète, il viendra frotter deux fois fortement contre la surface noircie, et il devra laisser deux traces blanches séparées par un intervalle. C'est ce qu'on observe (fig. 8).

Il est donc permis de conclure que si l'on pouvait recueillir tout entier, d'une seule fois, le tracé d'une aile d'insecte, on obtiendrait la même figure que nous avons vue dessinée dans l'espace par l'aile dorée de la guêpe, cette figure de huit que notre savant acousticien Kœnig a obtenue le premier avec une verge de Wheatstone accordée à l'octave, c'est-à-dire une verge qui fait deux allées et venues horizontales pour une oscillation verticale.

Il me semble suffisamment établi maintenant que, dans les grands mouvements du vol, l'aile des insectes décrit dans l'espace un huit de chiffre. De plus, la figure lumineuse que présente dans ses mouvements une aile dorée nous a montré que les périodes d'ascension et de descente de l'aile s'accompagnent de changement du plan de cet organe. C'est ce fait qui nous permettra d'expliquer prochainement le mécanisme du vol de l'insecte.

Soirées scientifiques de la Sorbonne

Jeudi, 4 février, il n'y a pas eu de conférence. La leçon de M. Lissajous sur l'*optique de l'atmosphère* est reportée au jeudi 18 février. M. de Luynes ne faisant pas sa conférence sur l'*impression des tissus*. Enfin la conférence de M. d'Archiac sur *les glaciers* sera remplacée, le 25 février, par une conférence de M. Deslongchamps, professeur à la Faculté des sciences de Caen, sur *les animaux vertébrés de l'époque jurassique*.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IXIÈME ANNÉE NUMÉRO 12 20 FÉVRIER 1869

Paris, 19 février 1869.

modifications importantes vont être introduites dans nisation des concours pour les places de médecins et de rgiens des hôpitaux de Paris. Le nombre des épreuves porté de trois à cinq, et elles seront réparties en deux . Les trois premières épreuves, éliminatoires, décide- de l'admissibilité; les deux dernières, de la nomination. ura un jury distinct pour chacune de ces deux séries euves, comme cela se fait déjà dans les concours d'entrée ole polytechnique. C'est là une garantie précieuse qu'on it introduire également dans les concours d'agrégation acultés où les épreuves comprennent aussi deux séries, nes éliminatoires, les autres définitives.

La nomination de M. P. Deshayes à la chaire des annélides, sques et zoophytes au Muséum est poussée avec une ac- qui est loin d'être ordinaire. A peine M. Milne Edwards -il été chercher M. Deshayes, — bien étonné de ce tardif mage, — que les professeurs du Muséum le présentaient 9 voix contre 5 données à M. Fischer et 1 à M. Léon Vail- chargé de cours à la Faculté des sciences de Montpellier. itôt après le ministère demandait à l'Académie des scien- a seconde présentation réglementaire, et, il y a douze , la section de zoologie proposait, par l'organe de M. Milne rds, M. Deshayes en première ligne et M. Léon Vaillant conde. Il est bien entendu que ces propositions ont été acrées par l'Académie lundi dernier. Pour la première , sur 53 votants M. Deshayes a obtenu 46 suffrages et éon Vaillant 7. Pour la seconde place, M. Léon Vaillant a 8 voix, M. Fischer 1 et M. Baudelot, professeur à la Fa- des sciences de Strasbourg, 1 ; 3 billets blancs complé- nt le nombre des 43 membres qui avaient cru devoir r.

- L'Académie des sciences a pourvu lundi dernier à l'une trois places de correspondant vacantes dans la section de raphie et navigation, celle de Dallas Bache. La section osait : en première ligne, M. David Livingstone (à Lon-); en seconde ligne, par ordre alphabétique, M. Alexan- Cialdi (à Rome) et M. Benjamin-Apthorp Gould (à Wa- gton). 52 membres sur 56 présents ont pris part au vote. ivingstone a été nommé au premier tour de scrutin par oix contre 3 données à M. Gould et 1 à M. Cialdi.

n se souvient encore de l'émotion produite l'année der- e, en Angleterre et sur le continent, par l'annonce, heu- ement démentie, de la mort de M. Livingstone. Il est re au milieu des peuplades inconnues de l'Afrique équa- ale qu'il veut traverser dans toute sa largeur, de la Séné-gambie aux sources du Nil, et la nouvelle de son élection ne lui parviendra sans doute pas de longtemps. — Personne à coup sûr ne méritait mieux d'être élu, par son courage iné-branlable et les grands résultats scientifiques de ses explora-tions. Mais, en regardant la suite de la liste proposée aux suffrages de l'Académie, on se demande pour quel secret motif la section de géographie et navigation s'obstine à igno-rer les travaux du capitaine Maury, l'ancien directeur de l'observatoire des États-Unis avant la guerre de la sécession, que les gens du monde eux-mêmes ont appris à admirer dans le livre de M. Michelet sur *la Mer*.

— A l'occasion des expériences de la commission d'Allanche sur la maladie charbonneuse, présentées par M. Bouley à l'Académie des sciences, et dont nous avons déjà parlé il y a trois semaines, M. Colin a envoyé à l'Académie les résultats d'une série d'expériences qu'il a entreprises pour savoir si l'ingestion de viandes provenant d'animaux charbonneux pouvait communiquer le charbon. Les expériences de M. Re-nault, faites à Alfort il y a une quinzaine d'années, avaient fourni des résultas contradictoires, et laissaient par consé-quent la question indécise. M. Colin, au contraire, dans un grand nombre d'expériences exécutées sur des animaux dif-férents, n'a jamais vu le charbon se développer à la suite de l'ingestion de viandes charbonneuses quand il s'agissait de carnivores, ou de fourrages arrosés de sang charbonneux quand il opérait sur des herbivores. Cependant il avait con-staté d'avance que tous les mammifères et oiseaux domesti-ques étaient aptes à contracter le charbon par inoculation, quoique avec une intensité fort inégale. M. Colin ne doute pas que l'homme ne jouisse de la même immunité que les animaux, et il rappelle que, dans les pays où le charbon règne souvent, l'usage de viandes charbonneuses pour l'alimenta-tion est fréquent dans les campagnes, sans qu'il paraisse en résulter trop d'accidents.

Les expériences présentées par M. Bouley ont provoqué des remarques fort intéressantes et fort précises de la part de M. Davaine, dont on connaît la compétence toute spéciale en matière de maladies charbonneuses. M. Davaine avait étudié déjà les phénomènes produits par l'inoculation du sang pu-tride, et désignés sous le nom spécial de *septicémie*. Cette maladie est virulente comme le charbon; mais M. Davaine indique un grand nombre de caractères qui l'en distinguent. Un de ces caractères c'est que l'ingestion de viandes septicé-miques n'entraîne pas d'accidents notables, tandis que l'in-gestion de viandes charbonneuses donne le charbon. Est-il bien certain que, dans les expériences précitées de M. Colin, des animaux septicémiques n'aient pas été pris pour des ani-maux charbonneux?

COLLÈGE DE FRANCE

CHIMIE ORGANIQUE

COURS DE M. BERTHELOT

Nouvelles recherches sur la synthèse chimique

En général, la formation des combinaisons chimiques est accompagnée par un dégagement de chaleur : c'est là une vérité pour ainsi dire banale. Cependant il existe un certain nombre de composés anormaux dont la formation au moyen de leurs éléments est accompagnée par une absorption de chaleur. J'ai déjà appelé l'attention à plusieurs reprises sur ces composés, et j'ai consacré à leur étude quelques-unes des leçons de mon cours sur la *thermo-chimie*, professé dans cette enceinte en 1865 (1).

J'avais insisté spécialement sur ce fait : que de tels composés ne se forment pas en général directement et par l'union pure et simple de leurs éléments. Depuis lors le progrès de mes expériences m'a conduit à reconnaître que la formation directe de cet ordre de composés pouvait cependant avoir lieu quelquefois ; mais elle a toujours lieu dans des conditions spéciales dont l'étude offre une grande importance au point de vue de la mécanique chimique.

Telles sont les combinaisons que le carbone forme avec l'hydrogène, avec le soufre, ou bien encore avec l'hydrogène et l'azote simultanément. En d'autres termes, la synthèse de l'acétylène, celle du sulfure de carbone, la synthèse enfin de l'acide cyanhydrique peuvent être effectuées directement. Et cependant tous ces corps se forment avec absorption de chaleur.

Le point de départ de mes nouvelles recherches a été l'étude de la réaction de l'étincelle électrique sur les composés hydrocarbonés, et spécialement sur le gaz des marais.

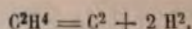
Action de l'étincelle électrique sur le gaz des marais.

J'ai observé, il y a huit ans, la formation de l'acétylène aux dépens du gaz des marais traversé par une suite d'étincelles électriques, et j'ai reconnu que cette formation a lieu avec tous les gaz et vapeurs de substances organiques. C'est même là un caractère d'une extrême sensibilité, car il permet de reconnaître la présence de certaines vapeurs peu volatiles, telles que celles de l'acide acétique, de l'essence de térébenthine, de l'aniline, et même du camphre, dans l'hydrogène saturé de ces vapeurs à la température ordinaire. Cependant la tension de ces diverses vapeurs est faible : celle du camphre, par exemple, doit être voisine de $\frac{1}{1000}$ d'atmosphère.

Des expériences récentes m'ont conduit à reprendre cette étude ; elles ont fourni divers résultats, qui ne me semblent pas sans intérêt.

Lorsqu'on dirige un courant de fortes étincelles à travers le gaz des marais pur, du charbon se dépose et le volume du gaz augmente rapidement. En opérant sur 100 centimètres cubes, par exemple, ce volume s'est trouvé porté à 127 centimètres cubes au bout de deux minutes, à 154 centimètres cubes au bout de dix minutes, etc. Mais il faut que heures pour détruire complétement le gaz des marais : truction totale qu'on peut d'ailleurs vérifier, après absorbé l'acétylène et les traces de vapeurs condensée subsistent mêlées avec l'hydrogène.

D'après les théories reçues, le volume du gaz des m devrait doubler, parce qu'il se résoudrait en carbone et h gène :

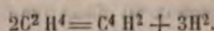


$$C^2H^4 = C^2 + 2\,H^2.$$

L'expérience n'est pas conforme à ces théories, car 100 mes de gaz des marais ont fourni seulement 181 volumes deux essais concordants. Ce chiffre s'accorde avec les tats obtenus en 1860 par MM. Buff et Hofmann ; mais provient pas d'une décomposition incomplète du gaz de rais, comme il était naturel de le supposer à une époq la formation de l'acétylène était ignorée des chimistes.

L'acétylène se trouve en effet contenu en proportion prenante dans les gaz obtenus par la transformation d des marais : il en forme 13,5 à 14 centièmes, quantité supérieure à celle qui se manifeste dans les réactions générées. Si l'on prolonge encore pendant plusieurs h les étincelles électriques, il ne se produit plus de dépôt a ciable de charbon, et la proportion de l'acétylène n'ép qu'une diminution insignifiante (0,5 pour 100).

Ces chiffres indiquent que la moitié du gaz des marais transformée en acétylène par l'action de l'étincelle :



$$2C^2H^4 = C^4H^2 + 3H^2.$$

La proportion peut encore en être accrue. En effet, la tité d'acétylène formée au début de l'expérience rép une transformation presque totale du gaz des marais, co le prouve l'analyse du mélange gazeux ; mais le rappo gaz transformé à l'acétylène produit diminue à mesur raison de la présence de l'acétylène préexistant. Si do arrête l'expérience au bout de quelques instants, pou sorber l'acétylène (1), on doit pouvoir renouveler l'a et la pousser plus loin. En opérant ainsi, j'ai en effet ré former, avec 100 volumes de gaz des marais, jusqu'à 3 lumes d'acétylène ; ce qui répond à une transformatio quatre cinquièmes du gaz des marais en acétylène.

En se fondant sur ce résultat, on peut réaliser la pré tion de l'acétylène avec plus de facilité que les pro connus jusqu'à présent. Il suffira, en effet, de faire p lentement le gaz des marais, à l'aide de deux gazom alternatifs, à travers un tube étroit sillonné par un co d'étincelles ; on dirigera à mesure le gaz à travers le r cuivreux, puis à travers l'acide sulfurique, pour le pu On peut encore, et plus simplement, faire passer lente un courant de gaz de l'éclairage à travers un tube sillonné par les étincelles : c'est même là le procédé le expéditif que je connaisse pour préparer l'acétylène.

Revenons à notre première expérience. La transform du gaz des marais en acétylène n'explique pas directe pourquoi le volume du gaz ne double point sous l'influ de l'étincelle. En effet, la formation de l'acétylène, aussi que celle du carbone, répond à un volume doublé, l'a lène renfermant son propre volume d'hydrogène. Mais l tylène possède une faculté spéciale, qui explique la con

(1) Voyez le cours publié *in extenso* dans notre tome II, année 1865, pages 441, 457, 473, 495, 525, 547, 564, 577, 611, 621, 659, 688, 740, 751, et un autre cours de M. Berthelot, sur les alcools, dans le même tome.

(1) Avec la précaution de purifier le gaz de l'ammoniaque et vapeur d'eau introduites par le réactif cuivreux.

l se change en carbures condensés sous l'influence de eur. Or, il est facile de vérifier la présence du triacéty- u benzine en vapeur dans les produits gazeux de la n, pour peu qu'on les agite avec l'acide nitrique fu- La matière charbonneuse qui se précipite sur les pa- l'éprouvette renferme également des carbures gou- ux et condensés. Par suite de ces condensations, une de l'hydrogène demeure combinée dans des vapeurs s ou des composés fixes, ce qui diminue d'autant le de l'hydrogène libre. En se fondant sur les nombres s plus haut, et en supposant que les carbures conden- ent de simples polymères de l'acétylène ($(C^4H^2)n$, on que, dans la réaction prolongée des étincelles, la moi- gaz des marais se change en acétylène, les trois hui- en carbures condensés, et un huitième seulement bone et en hydrogène. Ces résultats tendraient donc ailer l'action de l'étincelle à celle de la chaleur : une re action, instantanée, produit l'acétylène ; mais une de cet acétylène se condense sous une influence un s prolongée. Cette dernière influence ne s'exerce guère ns les conditions de l'état naissant ; car le mélange lène et d'hydrogène, en excès convenable, résiste à de l'étincelle, comme il sera dit tout à l'heure. L'ac- l'étincelle se distingue par là de l'action de la cha- ule, dans les circonstances ordinaires. En effet, il e prendre le gaz obtenu par l'action finale de l'étin- et de le chauffer au rouge sombre, dans une cloche pendant deux heures, pour faire disparaître la pres- alité de l'acétylène qu'il renferme. La majeure par- hange en carbures condensés, tandis qu'une faible s'unit à l'hydrogène libre pour former de l'éthylène. expérience établit donc une certaine diversité entre de l'étincelle et l'action de la chaleur, sans doute en des grandes différences qui existent entre la durée mpérature des réactions, dans les conditions où nous s ici.

ffet, l'influence prolongée du rouge sombre finit par er presque entièrement l'acétylène, même en pré- un très-grand excès d'hydrogène.

ntraire, l'étincelle n'agit sur l'acétylène que s'il est mêlé avec moins de six fois son volume d'hydro- u delà de cette proportion, l'action de l'étincelle de- presque insensible ; elle ne donne lieu, ni à un dépôt bon, ni à une diminution appréciable du volume de ne. Mais en refroidissant brusquement l'étincelle sur et, à l'aide d'un corps solide interposé, tel qu'une verre, ou bien encore en la brisant sur les parois de ette, on peut faire apparaître un peu de charbon : ce est dû sans doute à la condensation de la vapeur du qui se produit par le trajet de l'étincelle, et qui se précipitée avant qu'elle ait eu le temps de se recom- vec l'hydrogène. Ce phénomène est analogue aux ob- ns de M. H. Sainte-Claire Deville sur les décompo- le la vapeur d'eau et de l'acide chlorhydrique (1).

ulte de ces faits qu'il y a équilibre entre l'acétylène, gène et la vapeur de carbone sur le trajet de l'étin- et équilibre pouvait être prévu, puisque l'acétylène e au moyen du carbone et de l'hydrogène, sous l'influence de l'arc électrique, et que, d'autre part, l'acétylène pur commence à être décomposé en carbone et hydrogène sous l'influence de l'étincelle.

Les autres carbures d'hydrogène interviennent-ils dans ledit équilibre ? ou bien est-il spécial à l'acétylène ? Je crois pouvoir répondre que les autres carbures n'y interviennent point, sauf peut-être les polymères de l'acétylène. En effet, le gaz des marais et le gaz oléifiant lui-même se décomposent entièrement sous l'influence de l'étincelle, en produisant le même mélange final de 1 volume d'acétylène et de 6 volumes d'hydrogène mélangé, que l'étincelle n'attaque plus. En outre, les carbures autres que l'acétylène paraissent être détruits longtemps avant la température à laquelle la vapeur de carbone, l'hydrogène et l'acétylène sont en équilibre. Si l'on mélange le gaz des marais avec 2, 4, 9 fois son volume d'hydrogène, malgré la présence de ce dernier, le gaz des marais est toujours décomposé par l'étincelle, avec dépôt de charbon, et le volume de l'acétylène produit lors de la décomposition totale ne dépasse pas les deux tiers de l'acétylène correspondant à une transformation intégrale. On trouve une autre preuve de cette décomposition préalable des carbures d'hydrogène par la chaleur dans les propriétés du carbone précipité par l'étincelle, comme je le montrerai prochainement, en publiant les recherches que je poursuis depuis un an sur les diverses variétés du carbone.

L'équilibre entre le carbone, l'hydrogène et l'acétylène ne semble donc se produire que sur le trajet de l'étincelle et à la condition que le carbone soit réduit en vapeur. On comprend que rien de semblable ne puisse se manifester sous l'influence de la chaleur seule, dans l'intervalle des températures que nous savons aujourd'hui communiquer aux corps échauffés, températures fort éloignées de celle de la vaporisation du carbone. Dans ces conditions si différentes, j'ai établi que les carbures d'hydrogène se décomposent suivant une progression régulière de condensations moléculaires, progression dont le carbone représente la limite extrême. Il se produit encore des équilibres temporaires entre chacun de ces carbures et les produits de sa transformation, comme j'en ai démontré de nombreux exemples par mes expériences sur l'acétylène, l'éthylène, la benzine, le styrolène, la naphtaline, l'anthracène et les autres carbures pyrogénés. Mais le carbone lui-même n'intervient jamais dans ces équilibres. Pour qu'il intervienne, il faut qu'il soit réduit en vapeur, ainsi qu'il l'est en effet sous l'influence de l'électricité, et probablement aussi dans l'acte de la combustion. Je dis dans l'acte de la combustion, parce que l'analyse spectrale révèle la présence du carbone en vapeur dans la flamme, tandis que mes expériences sur la combustion incomplète y manifestent l'existence de l'acétylène : la vapeur de carbone, l'hydrogène et l'acétylène semblent donc coexister dans l'acte de la combustion, comme dans l'acte de la décharge électrique.

Je vais établir maintenant qu'il se développe un équilibre semblable entre l'acétylène et l'azote, lorsqu'on soumet ces gaz mélangés à l'influence de l'étincelle électrique.

Union de l'azote libre avec l'acétylène ; synthèse directe de l'acide cyanhydrique.

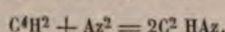
L'azote libre, on le sait, se distingue par son indifférence à l'égard de la plupart des autres corps ; ce n'est que sous l'influence de l'étincelle électrique qu'on réussit à faire cesser cette indifférence, soit à l'égard de l'oxygène, dans la

(1) ...yez une leçon de M. H. Sainte-Claire Deville sur ce sujet dans ...e II, page 18.

célèbre expérience de Cavendish, soit à l'égard de l'hydrogène, ce qui fournit des traces d'ammoniaque. J'ai observé une nouvelle réaction du même ordre, à savoir : l'union directe de l'azote libre avec l'acétylène, laquelle donne naissance à l'acide cyanhydrique.

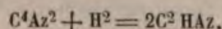
L'acétylène est un carbure d'hydrogène doué d'une remarquable activité chimique. Formé par la synthèse directe de ses éléments, il peut être uni ensuite avec l'hydrogène naissant et même libre, pour former le gaz oléifiant ou éthylène d'abord, puis l'hydrure d'éthylène; l'acétylène libre peut être combiné directement avec l'oxygène naissant pour former l'acide oxalique; les métaux alcalins l'attaquent aisément, avec production d'acétylures, C^4HK et C^4K^2, etc. Cette même activité chimique se manifeste entre l'acétylène et l'azote libres. En effet, si, dans un mélange des deux gaz purs, on fait passer une série de fortes étincelles, à l'aide de l'appareil de Ruhmkorff, les gaz ne tardent pas à prendre l'odeur caractéristique de l'acide cyanhydrique; il suffit alors de les agiter avec de la potasse pour changer cet acide en cyanure, et manifester les réactions qui le caractérisent. On peut aussi le doser par les moyens connus.

Dans les circonstances que je viens de décrire, la formation de l'acide cyanhydrique est accompagnée par celle du charbon et de l'hydrogène, engendrés par une décomposition distincte, mais simultanée, de l'acétylène. Cette complication peut être évitée en ajoutant à l'avance au mélange un volume d'hydrogène convenable, par exemple dix fois le volume de l'acétylène. On n'observe plus alors aucun dépôt de charbon, et la réaction répond à l'équation suivante :



$$C^4H^2 + Az^2 = 2C^2HAz.$$

En d'autres termes, l'acétylène et l'azote se combinent à volumes égaux et sans condensation; ce sont les mêmes rapports qui président à la combinaison du cyanogène avec l'hydrogène :



$$C^4Az^2 + H^2 = 2C^2HAz.$$

La formation de l'acide cyanhydrique, dans la réaction de l'azote sur l'acétylène, commence assez rapidement; mais elle ne tarde pas à se ralentir. Dans une expérience faite sur 160 centimètres cubes d'un mélange formé de 10 volumes d'acétylène, 14,5 d'azote et 75,5 d'hydrogène, j'ai trouvé, au bout d'une heure et demie d'étincelles, 8 centimètres cubes (10 milligrammes) d'acide cyanhydrique, sans dépôt de charbon. Quand l'action commence à s'arrêter, on peut la manifester de nouveau, en enlevant l'acide cyanhydrique à l'aide d'un fragment de potasse humectée, puis en exposant le gaz purifié à l'influence des étincelles. Mais l'action finit toujours par se ralentir, par suite de la dilution croissante de l'acétylène.

On peut la pousser jusqu'au bout et faire disparaître complétement un volume déterminé d'acétylène, en plaçant à l'avance dans l'éprouvette une goutte de potasse concentrée, destinée à absorber l'acide cyanhydrique au fur et à mesure de sa formation. J'ai ainsi changé en acide cyanhydrique jusqu'aux cinq sixièmes d'un volume connu d'acétylène (le sixième manquant s'explique par la réaction inévitable de la vapeur d'eau, laquelle forme de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, comme je m'en suis assuré). Cette expérience a exigé douze à quinze heures d'étincelles.

Réciproquement, en présence d'un excès d'acétylène, j'ai réussi à changer en acide cyanhydrique plus de la moitié d'un volume donné d'azote. Le reste aurait disparu, sans aucun doute, sous l'influence d'un temps beaucoup plus long.

La présence de l'acide cyanhydrique déjà formé arrête la réaction, comme je viens de le dire. Cette circonstance s'explique parce que le mélange d'acide cyanhydrique et d'hydrogène, traversé par une série d'étincelles, ne tarde pas à fournir de l'acétylène, réaction inverse de la précédente et qui ne peut pas davantage être poussée jusqu'au bout. En d'autres termes, entre l'hydrogène, l'azote, l'acétylène et l'acide cyanhydrique, il s'établit, sous l'influence de l'étincelle, un certain équilibre, variable avec les proportions, et qui détermine la formation de celui de ces quatre gaz qui manque dans le mélange, ou qui s'y trouve en proportion insuffisante.

Ce sont là des phénomènes pareils à ceux que j'ai signalés dans les réactions éthérées et dans la formation des carbures pyrogénés.

L'ammoniaque, dont j'avais d'abord soupçonné l'intervention, ne joue aucun rôle sensible dans ces phénomènes, car je n'ai pas réussi à en constater la formation, si ce n'est l'état de traces équivoques. J'ai également vérifié que l'ammoniaque gazeuse, en réagissant sur le carbone privé d'hydrogène, sous la seule influence de la température rouge, et avec production de cyanhydrate d'ammoniaque, ne forme pas trace d'acétylène.

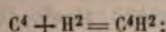
L'azote pur, soumis à l'influence d'un courant prolongé d'étincelles, n'acquiert pas la propriété de se combiner ultérieurement, soit avec l'hydrogène, soit avec l'acétylène : il n'éprouve donc aucune transformation permanente, analogue à celle qui change l'oxygène en ozone.

La transformation de l'azote libre en acide cyanhydrique, par son union avec l'acétylène, donne lieu à une autre conséquence intéressante. En effet, j'ai établi que tous les composés hydrocarbonés sous l'influence de l'étincelle donnent naissance à l'acétylène. Il semble donc que l'azote, mêlé avec une vapeur hydrocarbonée quelconque, doive aussi former de l'acide cyanhydrique. J'ai vérifié cette conséquence avec le gaz oléifiant et avec l'hydrure d'hexylène (des pétroles). En opérant en présence de la potasse, il suffit de deux ou trois minutes d'étincelles pour obtenir ensuite du bleu de Prusse avec les produits de la réaction.

C'est donc un caractère de l'azote, fort sensible et facile à constater.

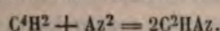
Cette formation d'acide cyanhydrique est si marquée, qu'elle a donné lieu à diverses illusions, relatives à la combinaison supposée de l'azote avec le carbone. En effet, les charbons de cornue, échauffés par l'arc électrique dans une atmosphère d'azote, engendrent des traces de composés cyaniques. Mais ces composés sont dus à l'existence de l'hydrogène dans le charbon employé, et aussi à la présence de la vapeur d'eau dans les gaz : si l'on opère avec des charbons privés d'hydrogène et avec de l'azote sec, on n'observe plus de proportion appréciable d'acide cyanhydrique. Réciproquement, le cyanogène ordinaire, décomposé par l'étincelle, laisse d'ordinaire de l'azote renfermant encore quelques traces de composés cyaniques : mais il est facile d'y constater aussi la présence d'une trace d'acétylène, preuve irrécusable de l'existence de l'hydrogène; cet hydrogène provient d'une dessiccation incomplète du cyanure de mercure. Mais le cyanogène sec et tout à fait pur peut être décomposé complétement en carbone et azote par l'étincelle, comme je m'en suis assuré, et comme MM. Buff et Hofmann l'avaient déjà constaté. Ceci prouve par

utre voie qu'il ne peut pas être formé par l'étincelle. faits que je viens d'exposer établissent la synthèse de l'acide cyanhydrique. Le carbone s'unit d'abord rogène :



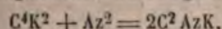
$$C^4 + H^2 = C^4H^2;$$

acétylène se combine avec l'azote :



$$C^4H^2 + Az^2 = 2C^2HAz.$$

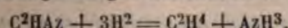
connaissait déjà la formation du cyanure de potas- ar la réaction de l'azote sur un mélange de carbonate asse et de charbon portés à une très-haute température, n dont le mécanisme n'a pas encore été complétement ué. Je pense que ce mécanisme est analogue à celui de thèse de l'acide cyanhydrique; en d'autres termes, il se rait d'abord de l'acétylure de potassium, C^4K^2, composé ii obtenu en effet par la réaction du potassium sur le ate de potasse : or, les conditions de la formation du re de potassium sont les mêmes que celles de la forma- potassium. L'acétylure de potassium absorberait en- 'azote à la température du rouge blanc :



$$C^4K^2 + Az^2 = 2C^2AzK,$$

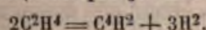
ément comme l'acétylène libre absorbe l'azote sous l'in- e de l'étincelle.

transformation de l'acétylène en acide cyanhydrique encore lieu à d'autres remarques. En effet, j'ai reconnu cide cyanhydrique, sous l'influence du gaz iodhydri- eut être changé en gaz des marais :



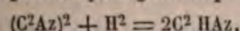
$$C^2HAz + 3H^2 = C^2H^4 + AzH^3.$$

n est donc de même de l'acétylène formé au moyen z des marais par une transformation susceptible d'être e presque totale (ainsi que je l'ai établi précédemment) :

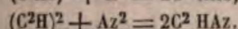


$$2C^2H^4 = C^4H^2 + 3H^2.$$

ciproquement, on voit que l'acétylène peut reproduire z des marais, c'est-à-dire un carbure moitié moins con- , par l'intermédiaire d'un dérivé azoté, l'acide cyanhy- e. C'est ainsi que le cyanogène reproduit les cyanures :



$$(C^2Az)^2 + H^2 = 2C^2HAz,$$



$$(C^2H)^2 + Az^2 = 2C^2HAz.$$

rapprochement est d'autant plus digne d'intérêt, que ylène et le cyanogène peuvent fournir des dérivés ren- nt 4 équivalents de carbone. Tous deux, en effet, peu- être changés, soit en acide oxalique, $C^4H^2O^8$, soit en ure d'éthylène, C^4H^6.

rminons enfin par une considération d'un ordre diffé- relative à l'action chimique de l'électricité. J'ai établi (1) l'acide cyanhydrique est un corps formé avec absorption haleur, à partir de ses éléments; je viens de montrer, tre part, que l'acide cyanhydrique peut être produit par on directe du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, sous nfluences successives de l'arc et de l'étincelle électrique. ourant électrique, transmis sous ces formes, a donc la riété d'effectuer le travail nécessaire pour former directe- t les composés produits avec absorption de chaleur : j'at- e quelque importance à cette démonstration.

is, avant d'aller plus loin, montrons que la chaleur, c'est e l'acte de l'échauffement, peut donner lieu, dans certains aux mêmes phénomènes. Il s'agit de la formation du sul- de carbone.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, tome VI, page 432.

Sur la formation et la décomposition du sulfure de carbone.

Le sulfure de carbone appartient à la classe des corps formés avec absorption de chaleur, à partir de leurs éléments. En effet, d'après MM. Favre et Silbermann, un gramme de sulfure de carbone dégage en brûlant 3400 calories, soit 258 500 pour un double équivalent, C^2S^4 : ce nombre dépasse de 24 500 calories les chaleurs de combustion réunies du soufre et du carbone, comme les auteurs précités le font d'ailleurs observer. A la température même à laquelle s'opère la réaction entre le soufre et le carbone, vers 1000 degrés, par exemple, cet excès subsiste, et le calcul montre qu'il doit être voisin de 22 000 calories. Résultat d'autant plus singulier, que le sulfure de carbone ne possède point les propriétés explosives des composés oxygénés du chlore; loin de là, il se forme, comme chacun sait, par l'union directe de ses éléments. Or, un tel mode de formation directe ne se réalise guère que pour les composés produits avec absorption de chaleur (1).

Telles sont les circonstances qui m'ont engagé à étudier l'action de la chaleur sur le sulfure de carbone, dans l'espoir d'y trouver quelque explication pour ses anomalies.

Le sulfure de carbone, dirigé lentement à travers un tube de porcelaine rouge de feu, s'y décompose en partie, avec formation de soufre qui distille, et de carbone qui se dépose aux parois du tube, sous l'apparence de minces feuillets doués d'un éclat métallique et combustibles sans résidus.

Ce résultat en lui-même n'a rien de surprenant. Ce qui l'est davantage, c'est que *la décomposition du sulfure de carbone commence aux températures mêmes auxquelles le soufre e le carbone commencent à se combiner.*

Pour mettre ce fait hors de doute, j'ai préparé du sulfure de carbone en faisant arriver du soufre en vapeur sur du coke récemment calciné et placé dans un large tube de grès. Dans l'axe de ce dernier tube se trouvait placé un tube de porcelaine beaucoup plus étroit, échauffé par le seul rayonnement du tube de grès enveloppant, et traversé en même temps par un courant lent de vapeur de sulfure de carbone pur. J'opérais à la température rouge, au-dessous de laquelle la combinaison du soufre et du carbone n'a pas lieu. Or, tandis que le sulfure de carbone prend naissance, dans le large tube enveloppant, par la combinaison de ses éléments, le sulfure de carbone déjà formé se décompose en ces mêmes éléments, dans l'étroit tube enveloppé : le carbone se dépose aux parois, tandis que le soufre va se condenser à l'extrémité froide du tube. La combinaison du soufre et du carbone dans le tube enveloppant demeure d'ailleurs incomplète, aussi bien que la décomposition du sulfure de carbone dans le tube enveloppé.

Entre le soufre, le carbone et le sulfure de carbone, il y a donc équilibre, de même que dans les expériences classiques de M. H. Sainte-Claire Deville sur la dissociation de la vapeur d'eau ou de l'acide chlorhydrique. Mais il y a cette différence, que l'eau et l'acide chlorhydrique peuvent être formés bien avant la température de leur décomposition commençante et par l'union intégrale de leurs éléments; tandis que le sulfure de carbone ne commence à se former que vers la température de sa décomposition partielle. L'eau d'ailleurs et l'acide chlorhydrique sont des corps formés avec dégage-

(1) *Leçons sur les méthodes générales de synthèse*, page 400 (1864). — *Recherches sur l'acide formique* (1864).

ment de chaleur, à partir de leurs éléments; tandis que le sulfure de carbone est formé avec absorption de chaleur.

Pendant tout l'intervalle de température qui sépare la décomposition commençante d'un corps, tel que l'eau ou l'acide clorhydrique, de sa décomposition totale (intervalle de dissociation), l'acte de l'échauffement effectue un travail de signe contraire et directement opposé à celui des affinités auxquelles il fait continuellement équilibre; c'est là ce qui distingue, à mon avis, l'état des corps en dissociation de l'état des mêmes corps pris aux températures plus basses. En effet, à ces dernières températures, le travail dû à l'échauffement n'intervient pas en général (1), et les affinités (2) jouent le rôle essentiel dans la production des phénomènes chimiques. Ce travail spécial dû à l'échauffement, *pendant la période de dissociation*, détermine donc la décomposition des corps formés avec dégagement de chaleur, tels que l'eau et l'acide chlorhydrique; et ce travail se traduit nécessairement par une absorption de chaleur : tel est le cas le plus général.

Mais l'étude du sulfure de carbone prouve que le travail spécial dû à l'échauffement, pendant la période de dissociation, peut aussi déterminer le phénomène inverse, c'est-à-dire la formation de certains corps décomposables avec dégagement de chaleur; dans ce cas, comme dans l'autre, une absorption de chaleur traduit nécessairement le travail spécial dû à l'échauffement.

Les chimistes ont été souvent surpris de voir se développer, entre divers systèmes de corps simples ou composés, des réactions inverses et en apparence contradictoires, dans les mêmes limites de température et dans les mêmes conditions. Or, ces réactions inverses ont lieu en général pendant la période de dissociation, période pendant laquelle l'échauffement effectue un travail de signe contraire et directement opposé à celui des affinités.

J'ajouterai que, dans un cas comme dans l'autre, les actions de contact peuvent intervenir. En général, elles déterminent les réactions capables de dégager de la chaleur (3) (réactions exothermiques); mais, dans la période de dissociation, elles peuvent aussi déterminer certaines réactions susceptibles d'absorber de la chaleur (réactions endothermiques). C'est ce que montrent les expériences de Gay-Lussac, de M. Corenwinder et de M. Hautefeuille, relatives à l'influence de la mousse de platine sur la formation et sur la décomposition directe du gaz iodhydrique, phénomènes contraires, dont l'un représente une réaction endothermique.

Ce ne sont pas là les seuls caractères qui distinguent les réactions endothermiques effectuées pendant la période de dissociation. En effet, la formation du sulfure de carbone, la décomposition des chlorhydrates ou bromhydrates d'hydrogènes carbonés sont des actions lentes et progressives, au même titre que la formation des éthers composés ou leur décomposition par l'eau. La décomposition de l'eau et de l'acide chlorhydrique, aussi bien que leur reproduction, ne sont pas non plus des actions instantanées; car autrement il serait impossible d'obtenir, par un refroidissement brusque, aucune trace de l'hydrogène, de l'oxygène ou du chlore mis en liberté pendant la période de dissociation. Il est probable que la plupart de ces phénomènes obéissent aux lois de continuité, que j'ai reconnues dans mes recherches sur les éthers, que M. H. Sainte-Claire Deville a admises dans les dissociations, et qui ont été l'objet des expériences de MM. Wurtz, Debray, Troost et Hautefeuille.

Mais si les réactions de dissociation ne sont pas instantanées, il en résulte que la période de dissociation ne représente pas un état particulier de la matière, pendant lequel les molécules seraient en quelque sorte disponibles et en échange perpétuel et instantané, comme il arrive, par exemple, entre une vapeur saturée et le liquide qui l'a fournie. Loin de là, l'état de la matière pendant la période de la dissociation est à chaque instant parfaitement déterminé; il peut être saisi sous sa forme actuelle, parce qu'il y persiste quelque temps, soit qu'on fasse varier les proportions des corps, soit qu'on abaisse ou qu'on élève la température, avant de passer au nouvel équilibre, correspondant à la nouvelle température ou aux nouvelles proportions.

Il n'en est pas de même dans les réactions brusques, telles que celles qui se développent dans les gaz en combustion; l'équilibre qui se produit alors au premier moment, et qui semblerait devoir être tout à fait comparable à la condensation d'une vapeur, change au contraire d'une manière discontinue, d'après M. Bunsen, à mesure que la proportion des corps réagissants ou leur température varient d'une manière continue. L'action de l'étincelle électrique doit se rapprocher des mêmes conditions, lorsqu'elle donne naissance à l'acétylène ou à l'acide cyanhydrique.

En effet, la formation de l'acétylène et celle de l'acide cyanhydrique, par l'acte de la décharge électrique, sont des phénomènes analogues à la formation du sulfure de carbone par l'acte de l'échauffement. Il y a pourtant cette différence que le carbone *solide* intervient dans l'équilibre entre le sulfure de carbone, le soufre et le carbone; tandis que le carbone solide, soit préexistant, soit mis à nu dans la dissociation de l'oxyde de carbone, ne se combine point avec l'hydrogène libre. Il n'entre point non plus en réaction proprement dite dans les transformations pyrogénées des carbures d'hydrogène (bien que son contact y joue un certain rôle). Dans l'équilibre entre le carbone, l'hydrogène et l'acétylène, le carbone *gazeux* intervient seul, comme je l'ai établi par mes expériences.

Quoi qu'il en soit, ces diverses combinaisons offrent un caractère commun : de même que le carbone et le soufre s'unissent avec absorption de chaleur, de même, en se combinant pour former l'acétylène, le carbone et l'hydrogène, suivant toute probabilité, absorbent de la chaleur; j'ai évalué par induction cette absorption à 44 000 calories. Or, dans l'acte de cette formation, le carbone, l'hydrogène et l'acétylène sont en équilibre.

La formation de l'acide cyanhydrique par ses éléments répond aussi à une absorption de chaleur, qui surpasse 28 000 calories pour l'acide gazeux.

Il y a plus : les deux degrés successifs de cette formation, en passant par l'acétylène, semblent représenter tous deux une absorption de chaleur. Si l'on admet que le carbone et

(1) Dans ces limites, une élévation de température peut cependant intervenir pour déterminer certaines réactions, telles que l'union de l'oxygène avec l'hydrogène ; mais ce sont là des réactions susceptibles de se produire avec dégagement de chaleur, c'est-à-dire en vertu d'un travail positif des affinités : ce n'est pas l'échauffement qui produit ce travail.

(2) Mesurées par les quantités de chaleur dégagées dans les réactions.

(3) *Comptes rendus*, tome LIX, page 903. — Cours professé au Collége de France en 1865, dans la *Revue des cours scientifiques*, déjà cité en tête de cet article.

ène forment l'acétylène avec absorption de 44 000 ca-
n en déduit que l'acétylène et l'azote, en se combi-
ur former l'acide cyanhydrique, doivent absorber
une nouvelle quantité de chaleur, supérieure à
lories.

ous ces composés sont formés pendant la période de
ion. De là résulte une nouvelle induction. Il est pos-
, dans ces réactions, la combinaison proprement dite
édée par un changement isomérique spécial dans
carbone. Ce serait alors ce changement qui ab-
de la chaleur, tandis que la combinaison produite
ement en dégagerait.

ppous cette hypothèse.

de l'échauffement a la propriété de changer certains
des corps isomères, engendrés avec absorption de
Tel est, en effet, le changement du soufre ordinaire
insoluble.

t, le soufre insoluble prend naissance, comme je
li, lorsque le soufre ordinaire est chauffé vers 160
grés; il ne se forme pas à une température plus
sa formation répond aux changements singuliers
soufre éprouve vers cette température dans sa
sa consistance et sa couleur. S'il est nécessaire de
rvenir un refroidissement brusque pour manifester
mation du soufre insoluble, c'est parce que, sous l'in-
l'un refroidissement lent, il repasse à l'état de soufre
. Mais l'acte même du refroidissement brusque n'est
use qui engendre le soufre insoluble, contrairement
n admet en général; autrement on ne compren-
pourquoi le soufre chauffé à 150 degrés ne produit
trace de soufre insoluble sous l'influence d'un re-
ment brusque; tandis que le même soufre, porté à
és, puis refroidi brusquement et dans des conditions
es, peut être changé presque entièrement en soufre
e.

e sur ces diverses circonstances, afin de bien établir
modification isomérique est produite par l'acte même
auffement, et non par la trempe, comme on le dit
ément. Ces mêmes circonstances ou leurs analogues
t d'ailleurs à la transformation des états multiples du

osé, il ne reste plus qu'à établir que le soufre inso-
t produit avec absorption de chaleur; or, j'ai dé-
ce fait par une expérience inverse, en établissant que
insoluble, chauffé vers 108 degrés, se change en
ristallisable avec un dégagement de chaleur consi-

peu près certain que le changement du phosphore
phosphore ordinaire par l'acte de l'échauffement
ment accompagné par une absorption de chaleur.

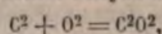
de l'échauffement peut donc effectuer le travail né-
à l'accomplissement des transformations isomériques.
t mérite une attention toute particulière, comme
nt peut-être l'explication de la plupart des combi-
directes produites avec absorption de chaleur, telle
rmation du sulfure de carbone par l'acte de l'échauf-
ou bien encore la formation de l'acétylène et de
yanhydrique par l'acte de l'électrisation.

ut supposer, en effet, dans ces circonstances, que
fement et l'électrisation ont pour effet de changer iso-
ment l'état du corps simple, en effectuant d'abord
un travail supérieur à l'absorption de chaleur observée dan la combinaison; puis la combinaison elle-même s'effectuerait avec ses caractères ordinaires, c'est-à-dire avec dégagement de chaleur.

Précisons davantage cette hypothèse. Le changement de carbone, par exemple, dans un état isomérique nouveau, n'aurait en soi rien de surprenant, si l'on tient compte des nombreux états isomériques déjà connus de cet élément et des anomalies relatives à sa chaleur spécifique. Mais il s'agit de déterminer par induction la quantité de chaleur que le carbone devrait absorber pour prendre cet état nouveau, que nous supposons précéder les combinaisons directes du carbone avec l'hydrogène, avec le soufre, avec l'hydrogène et l'azote simultanément, etc. Or, je pense que l'induction suivante n'offre rien d'invraisemblable.

On a remarqué que les deux degrés successifs de l'oxydation de l'étain répondent au dégagement de quantités de chaleur qui sont à peu près les mêmes; même remarque pour les deux oxydes de cuivre. Depuis lors j'ai montré que cette observation était également applicable aux degrés successifs de l'oxydation d'une même substance organique, en tant que les composés produits demeurent compris dans la même série.

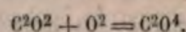
Cependant la formation de l'oxyde de carbone et celle de l'acide carbonique, avec le carbone pris sous sa forme actuelle, font exception à la loi. En effet, la réunion du carbone avec l'oxygène, pour former l'oxyde de carbone :



$$C^2 + O^2 = C^2O^2,$$

dégage seulement 25 000 calories.

Tandis que la réunion de l'oxyde de carbone avec la même quantité d'oxygène, pour former l'acide carbonique :



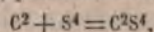
$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4,$$

dégage 69 000 calories.

Supposons que ces deux réactions puissent devenir comparables, en ramenant le carbone à un état moléculaire nouveau, lequel répondrait probablement à la forme gazeuse (1). A partir de cet état hypothétique, la formation de l'oxyde de carbone répondrait au même chiffre que celle de l'acide carbonique, soit 69 000 calories. Il y aurait donc 34 000 calories absorbées par le fait du changement isomérique de 12 grammes de carbone, changement que nous supposons précéder la combinaison.

Or, ce chiffre suffit pour que les formations directes de l'acétylène et du sulfure de carbone puissent avoir lieu avec dégagement de chaleur, à la façon de toutes les autres combinaisons directes.

En effet, la formation directe du sulfure de carbone avec le soufre et le carbone, pris dans leur état actuel (2) :



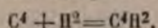
$$C^2 + S^4 = C^2S^4,$$

absorbe 24 500 calories, chiffre inférieur à 34 000.

(1) La simple vaporisation du carbone, sans autre changement d'état moléculaire ne suffirait pas pour expliquer ces 34 000 calories. En effet, le poids $C^2 = 12$ grammes occupe probablement 2 volumes ; d'après les analogies, la formation de ce volume de vapeur absorberait de 4 000 à 6 000 calories au plus.

(2) Il vaudrait mieux raisonner sur la réaction opérée à la température même à laquelle elle s'effectue. Mais, outre que cette température n'est pas connue, surtout pour l'acétylène, le calcul prouve que la variation de la chaleur de combinaison correspondante ne saurait guè dépasser quelques milliers de calories, c'est-à-dire qu'elle ne chan rait pas le sens général des phénomènes.

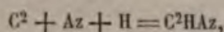
La formation directe de l'acétylène :



$$C^4 + H^2 = C^4H^2,$$

absorberait environ 44000 calories, chiffre inférieur à 2×34000 = 68000. Il y aura donc 24000 calories dégagées dans la combinaison du carbone avec l'hydrogène; chiffre qui ne s'éloigne pas trop des 26000 calories que j'ai admises par induction, comme représentant approximativement la chaleur dégagée lorsque l'acétylène et l'hydrogène gazeux s'unissent pour former l'éthylène.

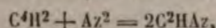
Enfin, la formation directe de l'acide cyanhydrique avec le carbone, l'hydrogène et l'azote :



$$C^2 + Az + H = C^2HAz,$$

laquelle absorbe plus de 28000 calories, avec le carbone pris sous sa forme actuelle, pourrait au contraire dégager de la chaleur, si l'on suppose que cette absorption ne s'élève pas à 34000 calories.

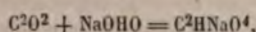
Toutefois, je dois faire remarquer ici que la formation de l'acide cyanhydrique au moyen de l'acétylène et de l'azote :



$$C^4H^2 + Az^2 = 2C^2HAz,$$

n'en demeure pas moins, malgré toutes ces hypothèses, un phénomène capable d'absorber de la chaleur, parce que la transformation isomérique du carbone aurait déjà été accomplie lors de la formation préalable de l'acétylène. Mais aussi cette formation d'acide cyanhydrique répond à un changement de série et de condensation, puisque le carbone est moitié moins condensé dans un litre d'acide cyanhydrique que dans un litre d'acétylène. Il semble donc qu'il y ait là deux travaux moléculaires de signe contraire, l'un correspondant au changement de série et analogue à un changement isomérique, lequel exigerait une absorption de chaleur, effectuée dans l'acte même de l'échauffement; tandis que la combinaison proprement dite représenterait un dégagement de chaleur.

Les mêmes remarques s'appliquent à la synthèse directe de l'acide formique, au moyen de l'oxyde de carbone et des hydrates alcalins :



$$C^2O^2 + NaOHO = C^2HNaO^4,$$

combinaison encore plus difficile à expliquer, parce que le carbone n'éprouve ici aucun changement dans sa condensation.

Quant à la formation du cyanogène au moyen de l'azote et du carbone, elle représente, comme je l'ai dit ailleurs, une absorption de 82000 calories, chiffre supérieur aux 68000 que nous avons supposé être absorbées dans la transformation moléculaire de C^4 = 24 grammes. Mais il n'y a là aucune difficulté spéciale, parce que le cyanogène ne se forme point directement par l'union du carbone avec l'azote. C'est un corps formé par voie indirecte et dans ces conditions de décomposition où nous sommes accoutumés à voir l'acte de l'échauffement effectuer une portion du travail nécessaire pour l'accomplissement des réactions chimiques.

J'ai cru devoir m'étendre sur les considérations qui précèdent, malgré leur caractère hypothétique, afin de chercher jusqu'à quel point elles peuvent nous faire pénétrer dans le mécanisme intime de la combinaison chimique.

Sans insister davantage, j'appellerai de nouveau l'attention sur la formation directe des combinaisons qui absorbent de la chaleur en prenant naissance, telles que l'acide formique, le sulfure de carbone, l'acétylène, l'acide cyanhydrique.

M. BERTHELOT.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
de l'Institut

XXXIV

Phénomènes de retour chez les hybrides. — Conclusions générales de l'étude du métissage et de l'hybridation. — Application à l'homme. — Unité de l'espèce humaine. — Historique du débat.

Nous avons passé en revue dans nos dernières leçons les principaux cas d'hybridation chez les végétaux et chez les animaux. Quoique le nombre des hybrides féconds soit excessivement restreint relativement au nombre total des espèces et même à celui des expériences qui ont été faites, il est loin, nous l'avons vu, d'être nul. Cependant nous ne connaissons pas une seule race hybride. En effet, on ne peut donner ce nom aux suites les plus ordinairement citées comme telles, et qui peuvent aussi l'être le plus sérieusement. Il est bien positif que les chabins se reproduisent au Chili et au Pérou; il n'est pas moins certain que les léporides se sont unis entre eux à plusieurs reprises chez l'abbé Gagliari, chez M. Roux, tout comme chez M. Gayot, et ces deux exemples répondent de la manière la plus irréfutable à ceux qui nient absolument la fécondité des hybrides. Mais M. Gay nous apprend que les chabins reproduisent bientôt les types spécifiques croisés; d'un autre côté, l'abbé Amoretti, Is. Geoffroy et M. Florent Prévost attestent que le même phénomène se produit au bout d'un petit nombre de générations chez les léporides.

Si donc le retour aux types des parents de sang pur a lieu même dans les suites hybrides les moins éphémères et les mieux dessinées, on doit voir dans ce remarquable phénomène la loi finale des croisements entre espèces. Je vous ai déjà dit que des alliances multipliées dans le même sens conduisent rapidement au même résultat, c'est-à-dire à la réapparition de l'une ou de l'autre des espèces croisées. Ici s'élève une question importante. Ces fils ou petits-fils d'hybrides qui reproduisent aussi complétement que possible le type de l'une des espèces d'où ils dérivent, peuvent-ils être considérés comme étant d'espèce pure? Le bouc petit-fils du chabin est-il un vrai bouc?

Pour répondre, il faut laisser de côté les abstractions, et rester sur le terrain de la science, qui est celui de l'observation et de l'expérience. Permettez-moi, messieurs, une comparaison grossière qui rend parfaitement compte de ma pensée. Lorsqu'on ajoute une seule goutte d'eau dans un tonneau de vin, le vin sera-t-il moins pur? Oui, répond le mathématicien; non, affirmera le chimiste qui n'aura pas de moyens d'analyse assez délicats pour constater l'addition de la goutte d'eau; non, soutiendra également le gourmet, dont le palais n'aura pu soupçonner le mélange ni faire aucune différence entre ce vin et celui du tonneau voisin dont la pureté est restée mathématiquement absolue.

Eh bien, remarquons d'abord que dans la question qui

(1) Voyez notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des 9 mai, 6, 13 juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12, 26 septembre, 3, 10, 17 octobre 1868; — et le présent volume, pages 85 et 122, 9 et 23 janvier 1869.

pe, le naturaliste doit juger comme le chimiste et t. Quand aucun caractère, aucun signe quel qu'il phologique, anatomique ou physiologique ne vient er deux êtres, le naturaliste ne doit pas hésiter à rer d'espèce aussi pure l'un que l'autre. Ainsi la di- on sang par l'autre suffirait pour autoriser à con- e les descendants d'hybrides, lorsqu'ils reproduisent de l'une des espèces parentes, en sont des repré- aussi purs que les individus dont les veines ne ren- pas une goutte de sang étranger. On peut d'ailleurs e cette hypothèse de dilution dans le cas où des ents successifs dans le même sens ont amené peu à peu r complet au type spécifique dont le sang s'est trouvé rtion toujours plus grande chez les produits consécutifs. ue s'est-il passé dans ces êtres chez qui sembleraient être combinées les deux natures des espèces primi- e phénomène est-il aussi simple? Je le crois, pour ma us complexe; je crois qu'il est plus radical, et qu'il rs à l'essence même des êtres. Il y a plus qu'une , il y a, soit absorption ou destruction, soit rejet ou n de l'un des deux sangs.

oyance que je vous exprime, repose sur deux faits. Le est le retour brusque, complet, des hybrides de demi- la seconde génération. Nous en avons vu plusieurs es chez les végétaux, cités par MM. Naudin et Lecoq. ride de M. Gayot, qui retourne brusquement au lapin, ses trois quarts de sang de lièvre, nous présente dans n animal un fait plus frappant encore. En effet, dans riences faites sur les végétaux, c'était chez des pro- de demi-sang que s'opérait le retour. A la première ion, les natures des deux espèces paraissaient s'être nt mélangées pour donner des hybrides intermé- ceux-ci s'unissaient entre eux, et chez les produits deux natures paraissait avoir été complétement éli- r l'autre.

exemple emprunté à M. Gayot, les circonstances sont sont les trois quarts de sang de lièvre qui cessent ent de se manifester dès la première génération, sang du lapin, inférieur en quantité, qui prédomine t si exclusif, qu'il devient impossible de distinguer d'un lapin ordinaire. Évidemment il n'y a pas eu ns ce cas.

ailleurs un fait général d'observation qui vient de mon dire, d'une manière plus significative en- ontre, en effet, que le fait du retour de l'hybride s types spécifiques a bien un caractère définitif, n état nouveau et permanent qui se poursuit de génération en génération sous aucune solu- ntinuité : on ne connaît pas un seul cas d'atavisme lité. Quant aux végétaux, j'ai posé la question à Voici la réponse qu'il a bien voulu me faire : « J'ai ois semé les graines des hybrides entièrement reve- pes spécifiques, et il n'en est jamais sorti, sur plu- taines, je dirais presque sur plusieurs centaines s, que le type pur et simple de l'espèce à laquelle vait fait retour. Jusqu'ici je ne vois rien qui puisse upposer que, dans cette postérité revenue à l'une des oductives, il puisse jamais se trouver un individu par atavisme les caractères de l'autre espèce. » Tel age de l'homme qui, dans ce moment, a certaine- lus d'autorité en pareille matière

Si M. Naudin a pu employer l'expérience directe lorsqu'il s'agissait des végétaux, vous comprenez qu'on ne peut pas procéder ainsi chez les animaux. Cependant certains faits généraux viennent à l'appui d'une conclusion analogue. Il n'est pas douteux que, si un fait d'atavisme s'était produit au milieu d'une espèce par l'apparition subite d'un individu isolé appartenant à une autre espèce, on n'aurait pas manqué de le signaler, surtout s'il s'était agi d'espèces dont le croisement était connu même dans l'antiquité. Certainement, si au milieu d'un troupeau de moutons, on avait une seule fois vu naître une chèvre, fille d'un bélier et d'une brebis, le fait aurait été de tout temps regardé comme un prodige digne de passer à la postérité. Voir apparaître un mouton fils d'un bouc et d'une chèvre n'eût pas paru moins merveilleux aux anciens, et ils se seraient également empressés d'enregistrer un pareil événement. S'ils ne l'ont pas fait, c'est que les tityres et les musmons, qu'ils connaissaient si bien, ne se sont en réalité jamais reproduits dans leurs descendants médiats.

Comparez maintenant les circonstances qui accompagnent l'hybridation aux faits que nous a montrés le métissage. Rappelez-vous tel cas d'atavisme se produisant après des centaines de générations, cette famille de chiens étudiée par Girou, et dans laquelle deux braques unis entre eux donnaient des épagneuls, parce qu'il y avait eu des épagneuls au nombre de leurs ascendants. Il est impossible de ne pas être saisi par ce que le contraste a de frappant et d'absolu.

Nous concluons que le phénomène de retour, conséquence générale de l'hybridation, annonce l'annihilation de celui des deux sangs qui cesse brusquement ou peu à peu, mais pour toujours de manifester son action, par suite d'un procédé physiologique quelconque.

Ajoutons que les phénomènes physico-chimiques prêtent encore ici à l'une de ces comparaisons, grossières sans doute et qu'il ne faudrait pas regarder comme des assimilations, mais qui enlèvent néanmoins aux faits physiologiques ce qu'ils semblent parfois avoir d'étrange et d'exceptionnel. Quand vous évaporez lentement une dissolution de deux sels cristallisables différents, vous savez bien que d'ordinaire l'un d'eux cristallise avant l'autre, que la séparation se fait ainsi tout naturellement et que ce procédé est employé comme moyen de purification.

Concluons aussi de tout ce qui précède qu'il y a là entre le métissage et l'hybridation, et par conséquent entre la race et l'espèce, une distinction tout aussi accusée que celles dont je vous ai entretenus précédemment.

En dépit des détours que je puis paraître faire, l'homme est toujours mon objectif, et il s'agit toujours, pour nous, de savoir si les groupes différents qu'il forme sont des espèces ou bien des races. Toute la question roulant sur ces deux mots, il fallait en connaître tout d'abord la signification précise. J'ai dû vous donner mes définitions. Aujourd'hui vous possédez les éléments qui m'y ont conduit, et vous pouvez juger de leur valeur. Les faits, j'espère, les ont déjà justifiées à vos yeux. Vous comprenez maintenant que, sous ces mots d'espèce et de race, il y a des choses. Je résume par quelques mots, et en laissant de côté les végétaux, le contraste qu'établit entre ces deux conceptions l'étude du croisement, suivant qu'il s'agit d'unions d'espèces ou d'unions de races.

Les premières, constituant le métissage, sont partout et t jours fécondes. Les secondes, constituant l'hybridation, r

sont que par exception, et presque toujours grâce à l'intervention et sous l'influence de l'homme.

Passons aux produits. Les métis sont toujours féconds entre eux. Les hybrides ne le sont presque jamais. Dans le cas où la fécondité n'a pas absolument disparu, elle est toujours singulièrement diminuée, et, au bout d'un nombre très-restreint de générations, on voit se produire cette merveilleuse séparation des deux sangs, ce retour des hybrides à l'une ou à l'autre des deux espèces d'où ils dérivent.

Partout on rencontre des races métisses sauvages, domestiques ou libres; on ne connaît pas une seule race hybride, car on ne peut appeler ainsi ces suites imparfaites dont je vous ai déjà fait remarquer la rareté, la production difficile, l'entretien artificiel, et le retour final aux types spécifiques primitifs. Quel est, en effet, le jardinier ou l'éleveur qui qualifierait du nom de race une suite d'individus provenant bien du croisement de deux souches distinctes, et présentant d'abord quelques caractères mixtes, mais qu'elle est destinée à perdre comme à jour fixe? Le savant ne peut agir autrement.

On dira peut-être qu'on parviendra, dans un temps plus ou moins éloigné, à fixer quelqu'une de ces suites éphémères, de manière à constituer une race hybride; cela n'est pas impossible, et je suis de ceux qui n'assignent aucune limite aux progrès de l'industrie humaine. J'ajoute cependant que ce n'est pas probable. Aussi loin que remontent les souvenirs de l'humanité sur toutes les espèces, le fait ne s'est jamais produit! La loi du retour, en effet, est là qui paraît s'opposer d'une manière absolue à la fixation d'un type hybride quelconque.

Admettons d'ailleurs qu'on atteigne ce résultat; ce ne sera jamais que très-péniblement, d'une manière exceptionnelle et locale: car les difficultés seront toujours les mêmes, et il n'en existera pas moins une différence énorme entre la formation des races hybrides et la formation des races métisses.

En présence de ces faits, nier l'espèce, c'est nier que l'observation et l'expérience puissent faire autorité en science.

Ainsi, toutes les fois que nous verrons deux individus, mâle et femelle, quels que soient d'ailleurs leurs caractères morphologiques, s'unir aisément et donner des produits indéfiniment féconds, nous dirons : il y a métissage et non hybridation; donc ces deux animaux sont de même espèce.

Prenons donc l'ensemble des races et des individus qui composent une espèce, et remontons par la pensée jusqu'à leur origine. Cet ensemble se décompose toujours en familles à la tête de chacune desquelles nous trouvons un père et une mère. A chaque génération, le nombre de ces familles décroît, et nous arrivons ainsi à concevoir pour terme initial de la série une paire primitive unique.

Cette paire primitive a-t-elle réellement existé? Y en a-t-il eu au contraire plusieurs? Ce sont des questions au sujet desquelles la science manque absolument de données et ne peut même pas asseoir de conjectures. Tout ce qu'elle est en droit de dire, c'est que les choses se passent aujourd'hui comme si à l'origine il y avait eu une paire primitive unique. Ainsi se trouve justifiée ma définition de l'espèce dans laquelle je vous ai fait remarquer les mots « ou pouvant être regardées comme descendues.. », qui répondent précisément à la restriction dont je viens de vous indiquer la nécessité. Ma définition, vous le comprenez mieux maintenant, emporte avec elle son critérium expérimental, qui est le croisement.

Appliquons maintenant cet ensemble de données acquises aux groupes humains. Déjà nous avons vu que les croisements sont féconds entre eux partout et toujours, sous toutes les latitudes, même lorsqu'ils s'accomplissent à l'improviste et souvent dans les conditions les moins favorables.

Les produits de ces réunions si mélangées sont-ils féconds entre eux? Le sont-ils à tous les degrés? Le sont-ils, en un mot, à la façon des représentants de nos races domestiques? Nous reviendrons plus tard sur ces questions spéciales. Pour le moment, je me borne à vous retracer les faits généraux.

Il est un point du globe où se rencontrent aujourd'hui des hommes appartenant aux groupes les plus différents, et qui est incidemment devenu pour l'anthropologiste un véritable champ d'expériences; c'est la Californie. Nous pouvons citer un document officiel emprunté à son histoire, et qui n'a pas besoin de longs commentaires. Le 30 janvier 1861, la législature californienne décide que « tout blanc qui sera convaincu de s'être marié ou simplement d'avoir cohabité avec un nègre, mulâtre, chinois ou indien, sera puni d'amende ou d'emprisonnement, ou des deux ensemble ; que le fait qu'une personne a logé, cohabité ou vécu maritalement avec un individu d'une des dites races sera une preuve *prima facie* que cette personne n'est pas un citoyen blanc, et la rendra sujette à toutes les incapacités constitutionnelles imposées aux personnes de couleur. » Le but de cette proposition était hautement proclamé; on voulait empêcher toute fusion ou amalgamation dégradante pour la race blanche.

Est-ce d'espèce à espèce, je vous le demande, que de pareilles précautions sont nécessaires pour éviter les croisements? Évidemment la législature californienne se conduisait comme un éleveur jaloux de la pureté de son troupeau de race mérinos, qui empêcherait le bélier indigène de venir apporter dans sa bergerie le sang d'une race moins bien douée sous le rapport de la qualité de la laine. Encore, malgré ses précautions, aurait-il bien de la peine à l'éloigner complétement.

La loi dont je viens de reproduire le texte est encore plus sévère que les Arabes, qui proscrivent bien le croisement du cochlani avec les races inférieures, mais ne flétrissent cependant ni l'étalon, ni la jument de sang pur qui se sont oubliés jusqu'à commettre une mésalliance. Ceux qui l'ont édictée ont bien compris que, s'ils n'arrêtaient à sa source même l'instinct qu'ils voulaient avant tout réprimer, la fusion s'opérerait sans retour.

Je passe à un second fait plus général, plus étendu, qui répond à des conditions d'expérimentation plus variées et à des résultats acquis.

L'Amérique méridionale réunit depuis trois cents ans environ les représentants de trois groupes bien caractérisés. On y trouve à la fois le type supérieur et le type inférieur de l'humanité dans les personnes du blanc et du noir, plus un troisième type qui n'est pas le moins du monde un intermédiaire entre les précédents, et qui comprend des groupes secondaires très-divers. Le mélange de ces populations s'est accompli là sur des milliers de lieues carrées et entre des millions d'individus. Aussi existe-t-il partout des types intermédiaires entre les trois types fondamentaux, si bien que les langues du pays ont pour désigner ces produits du croisement des vocabulaires composés exprès. Les tableaux qui suivent vous donnent une idée de leur richesse.

RACES MÉTISSES.

et américain	Blanc	+	américain	=	métis, mestizo, mamelucko.
l. espagnoles)	métis	+	blanc	=	castigo, quarteron.
	castizo	+	blanc	=	puchuela.
icain et nègre	nègre	+	américain	=	zambo, sambo.
l. espagnoles)	zambo	+	nègre	=	griffo cabro.
			blanc	=	mulatto.
			américain	=	zambaigo.
			zambo	=	chola.

BLANC ET NÈGRE.

tions.	Parents.		Produits.	Sang. Blanc.	Sang. Noir.
	Blanc +	nègre.	Mulâtre.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	Mulâtre +	blanc.	Tierceron (quarteron, morisca).	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
		nègre.	Griffo, sambo.	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$
	Tierceron +	blanc.	Quarteron (octavone, alvino).	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{8}$
		nègre.	»	[illegible]	[illegible]
	Quarteron +	blanc.	Quinteron (puchuela).	$\frac{15}{16}$	[illegible]
		nègre.	»	[illegible]	[illegible]

ACES MÉTISSES DU MEXIQUE ET DU GUATEMALA (LARENAUDIÈRE).

Mestiza	Espagnol et Indienne.
Cartiza	Métise et Espagnol.
Chamisa	Métisse et Indien.
Espagnola	Cartiso et Espagnole.
Mulatra	Espagnole et nègre.
Morisca	Mulâtresse et Espagnol.
Albina	Morisque et Espagnole.
Tornatras	Albina et Espagnole.
Fentinclaire	Tornatras et Espagnol.
Lovo	Indienne et nègre.
Caribugo	Iovo et indienne.
Griffo	Iovo et négresse.
Barsino	Mulâtresse et cayote.
Albarazodo	Indienne et cayote.
Mechino	Cayote et lova.

bien, si étendue que soit cette liste, elle ne suffit pas re pour exprimer toutes les nuances nettement distinctes. méricains semblent protester par là contre l'opinion qui rait les rattacher à plusieurs espèces, et dire bien haut : formons des races, car nos unions tiennent autant du sage qu'elles ressemblent peu à des hybridations.

e fois l'unité d'espèce reconnue pour les Européens, les es et les Américains, quels sont les groupes d'hommes pourrait distinguer et regarder comme se rapportant types spécifiques particuliers? D'ailleurs, partout nous verions les mêmes faits ou des faits analogues. Partout le ement des groupes humains nous montrerait la fécondité e et continue qui caractérise le métissage. Aussi devons- les regarder tous comme des races d'une seule et même ce.

lle est la conclusion à laquelle nous conduisent, non pas théorie, non pas une idée préconçue ou dépendante de rines étrangères aux sciences naturelles, mais l'expé- ce et l'observation, qui sont les deux règles souveraines sciences modernes. Ce n'est pas l'observation de quelques isolés, ni l'expérience portant sur un petit nombre de es d'animaux qui font notre force, c'est l'observation em- sant l'ensemble du règne, et l'expérience s'exerçant de- des siècles sur toutes les espèces soumises à l'action l'homme.

Si notre méthode est juste, s'il n'existe qu'une physiologie générale soumettant aux mêmes lois tous les êtres organisés, il n'existe qu'une seule espèce d'hommes.

Pour soutenir qu'il y en a plusieurs, il faut au contraire admettre que toutes ces espèces ont leur physiologie à part ; il faut admettre surtout que les différences les plus tranchées qui existent entre elles et les autres êtres organisés portent précisément sur les fonctions de reproduction, c'est-à-dire sur les fonctions qui trahissent, non point une simple analogie, mais une identité fondamentale et intime entre les végétaux et les animaux. En présence des conséquences forcées des deux doctrines, le naturaliste et le physiologiste ne peuvent pas hésiter.

Voilà pourquoi je ne suis pas polygéniste, pourquoi je suis convaincu que la vérité est dans le monogénisme.

Messieurs, de faits en faits, de déductions en déductions, je vous ai conduits à la conclusion de cette longue étude, et j'espère avoir porté la conviction dans vos esprits ; mais ma tâche n'est pas terminée.

Cette question d'unité ou de multiplicité embrasse presque toute l'anthropologie générale ; elle touche en même temps à une foule de faits qui sont du ressort de l'anthropologie spéciale. Nous devons les discuter successivement. En traitant directement et isolément ce grand problème, avons-nous pu lever toutes les difficultés? Évidemment, non. S'il en était ainsi, notre science, à peine naissante et ayant un long avenir de progrès devant elle, serait plus avancée que ses sœurs, car toutes ont leurs points obscurs et leur horizon indéfini. Les mathématiques pures elles-mêmes n'ont-elles pas leurs imaginaires dont il n'a pas encore été possible de se rendre compte? On a fait ressortir ces difficultés, on les a exagérées afin de les opposer comme autant d'objections à notre doctrine, qui a, dit-on, le grave défaut de ne pas les résoudre toutes. Notre enseignement serait incomplet si nous n'examinions pas ensemble quelle est la valeur réelle de ces arguments. C'est à quoi nous consacrerons nos dernières leçons de l'année. Pour aujourd'hui, je veux seulement faire quelques observations générales relativement à un certain nombre d'idées, d'objections, de reproches, ou mieux, de fins de non-recevoir, qui se reproduisent sans cesse contre le monogénisme, et qu'on est surpris de rencontrer même dans les écrits d'hommes très-distingués et par l'intelligence et par le savoir.

A qui soutient, en effet, la réalité de l'espèce, et surtout l'unité de l'espèce humaine, les railleries, les sarcasmes et même les injures n'ont pas manqué depuis que ces questions s'agitent. Je ne prononcerai le nom de personne, car en pareille matière il vaut bien mieux discuter les opinions que les hommes et fuir les personnalités que d'aller à leur rencontre. Mais quelques citations textuelles sont cependant instructives. D'après certains auteurs, le monogénisme est tout au moins « une hypothèse rétrograde fondée sur des préjugés traditionnels et sur un esprit de secte indigne du XIX[e] siècle. » — « C'est un dogme, et non pas une doctrine scientifique. » — « La raison affranchie par la science doit savoir s'élever plus haut ; briser le joug honteux qui a paralysé l'essor de l'anthropologie. » Voilà un exemple de ce qu'ont publié les polygénistes au sujet de leurs adversaires. Au reste, la plupart d'entre vous avez certainement lu, soit les écrits auxquels j'ai emprunté les passages précédents, soit dans d'autres écrits des passages analogues. Nous sommes bien loin, vous le voyez,

des faits et des considérations scientifiques. Il n'est donc pas inutile de montrer comment la polémique, avec les formes dont vous avez pu juger, s'est mêlée à la question, et comment des éléments d'une nature aussi peu scientifique ont obscurci un problème fort compliqué par lui-même.

Au moyen âge et jusque vers le milieu du XVIIIe siècle, il y avait unanimité de croyances sur la question des origines humaines. La Bible avait dit, du moins, on l'avait compris ainsi, que tous les hommes venaient d'Adam; et non-seulement les juifs et les chrétiens, mais les mahométans eux-mêmes avaient adopté le texte ainsi interprété. C'est pourtant au nom de la Bible que la croyance en une origine unique pour tous les hommes a été mise en question, je crois, pour la première fois.

En 1655, la Peyrère, gentilhomme de la maison du prince de Condé, plus connu sous le nom latin de *Peyrerius*, qu'il s'était donné suivant l'usage qui régnait alors, publia un ouvrage sur les *préadamites*, dans lequel il avait la prétention de prendre à la lettre tous les passages de la Bible qu'il citait à l'appui de son opinion. Combinant certains versets des premiers chapitres de la Genèse et du cinquième chapitre de l'épître de saint Paul aux Romains, il concluait en toute rigueur qu'il existait des hommes créés pendant la grande semaine en même temps que les animaux. Ces hommes étaient donc antérieurs à Adam. Ce dernier était, suivant la Peyrère, le résultat d'une création spéciale, et n'était, en réalité, le père que de la seule nation juive. Nous n'avons pas à examiner ici le système entier; j'ai seulement voulu vous montrer que le polygénisme, lui aussi, avait une origine biblique. La Peyrère fut d'ailleurs, et cela devait être, persécuté pour ses doctrines; il paraît même qu'il fut obligé de se rétracter et d'embrasser le catholicisme.

Quoi qu'il en soit, il succéda chez les chrétiens à une longue époque de foi absolue, une époque de critique. Comme il arrive d'ordinaire, la réaction fut égale à l'action : la Bible, longtemps regardée en tout et pour tout comme une parole de vérité, fut déclarée parole de mensonge. Deux écoles furent dès lors en présence : l'une croyant tout ce qu'elle voyait ou croyait voir dans ce livre, et par cela seul qu'elle croyait l'y voir; l'autre niant tout ce qu'affirmait la première et parce que, elle aussi, croyait y trouver à peu près les mêmes choses. Ainsi se formèrent les deux écoles qui se sont décerné les titres d'école religieuse et d'école philosophique. Il serait plus juste d'appeler l'une biblique et l'autre antibiblique. La première nia le mouvement de la terre, et continua à faire tourner le soleil autour d'elle, parce qu'un texte lui paraissait contredire le mouvement de la terre et la fixité du soleil. La seconde, entraînée par son désir de nier le déluge biblique, ne vit dans les fossiles qui constituent des montagnes entières que des coquilles d'huîtres perdues par des pèlerins.

Concluons de là que ni l'une ni l'autre n'étaient le moins du monde scientifiques.

Toutes deux ont encore des représentants de nos jours. Sans doute, quoi qu'en disent certains écrits dans l'exagération de leur polémique, ils ont fait amende honorable pour les faits particuliers que je viens de citer. Il n'y a plus, je pense, un seul théologien soutenant que le soleil tourne autour de la terre; il n'y a pas non plus de libre penseur qui doute encore de la réalité des fossiles. Mais si la science a mis ces hommes d'accord sur des faits dont l'évidence est aujourd'hui aussi claire que le jour, on trouve encore chez eux des préjugés aussi peu rationnels qu'ils apportent souvent dans les discussions portant sur des points encore obscurs de la science.

La question qui nous occupe a naturellement mis aux prises les deux écoles, et, des deux côtés, on est allé, comme toujours, beaucoup trop loin. Mais de plus, des intérêts politiques et sociaux sont venus embrouiller encore ce difficile problème. En voici un exemple :

Je n'ai pas besoin de vous rappeler à quels excès en était arrivé l'esclavage des nègres inventé par la philanthropie de Las Casas, au moment où Wilberforce fonda une école également philanthropique qui prit pour devise : «Plus d'esclavage, abolition de la traite.» Aux efforts individuels qui se propagèrent bientôt en Europe, répondirent les mesures prises par les gouvernements. L'Angleterre se rendit à cet appel en imaginant le droit de visite, qui, sans supprimer la traite, décupla le nombre des morts parmi les esclaves dont le transport était devenu plus difficile. L'Europe entière entra assez facilement dans cette ligue formée au nom de la religion et de la philanthropie. Cependant, parmi les négrophiles se trouvèrent à la fois des hommes bibliques et des libres penseurs. Au nombre de ces derniers, je pourrais en citer quelques-uns des plus ardents qui n'hésitèrent pas à déclarer la race nègre égale *en fait* à la race blanche.

Mais, aux États-Unis, des intérêts immenses se rattachaient à l'esclavage. La question de son abolition fut très-vivement discutée, et des considérations ethnologiques furent invoquées de part et d'autre. Le sujet fut pris à trois points de vue; et il se forma trois écoles, ou plutôt trois partis, car les discussions étaient souvent portées dans la rue et se compliquaient de coups de revolver. Il y eut le parti antislaviste et le parti slaviste, se divisant lui-même en parti monogéniste et parti polygéniste. Tous les trois s'appuyaient également sur la Bible, car, aux États-Unis, on peut tout être, à condition de rester toujours biblique. Le parti antislaviste répétait ce qui se disait en Europe. Mme Beecher Stowe, par ses romans de la *Case de l'oncle Tom* et de *Dred*, était l'expression vivante de ses sentiments et de ses croyances. Les slavistes monogénistes trouvèrent dans la Bible des textes justificatifs. Les nègres étaient les fils de Cham, lequel avait été maudit par Noé; il était écrit que ses fils seraient les serviteurs des fils de Seth et de Japhet; donc l'esclavage était d'institution divine, et l'on pouvait avoir la conscience tranquille sur ce point.

Les slavistes polygénistes démontrèrent de leur côté, par des recherches très-savantes, que les auteurs *inspirés* de l'Ancien et du Nouveau Testament avaient voulu parler seulement de la race blanche dans l'histoire d'Adam et de sa descendance. Ainsi mis à l'aise au point de vue dogmatique, ils proclamèrent la différence d'espèce, rapprochèrent autant que possible les nègres du singe, et conclurent qu'on avait le droit de s'en servir comme d'un chien ou d'un âne.

Les hommes politiques s'emparèrent de cet argument, et répondirent aux notes diplomatiques et philanthropiques de l'Europe par des arguments ethnologiques. Nous avons sur la nature de ces rapports un témoignage assurément irrécusable, qui nous est fourni par Nott lui-même. En 1844, M. Calhoun, secrétaire d'État, c'est-à-dire ministre des affaires étrangères, avait à répondre aux notes pressantes que l'Angleterre, la France, lui adressaient au sujet de l'esclavage. Il entendit parler à ce moment des travaux de Gliddon sur les races africaines, et fit venir cet anthropologiste auprès de lui.

n lui conseilla de s'adresser à Morton, chef de l'école
aine, en même temps qu'un homme d'un mérite uni-
ement reconnu.

correspondance s'engagea donc entre le ministre et
r des *Crania americana* et des *Crania ægyptiaca*. Le
t fut une note diplomatique par laquelle M. Calhoun
sait toute modification à l'ordre de choses actuel, en se
t sur les différences radicales qui séparent les groupes
ns. Cette manière d'argumenter fut vivement attaquée
presse anglaise ; mais elle paraît avoir embarrassé le
re des affaires étrangères de ce pays, qui se hâta de
re qu'il n'entendait intervenir en rien dans les insti-
domestiques des autres nations.

lant ce temps, Nott se félicitait hautement des ennuis
véritable science ethnologique, mise au service de
n, avait causés à la diplomatie philanthropique.

avons dit d'ailleurs que toute l'école américaine, son
tête, affiche la prétention d'être parfaitement d'ac-
ec la Bible.

bservations vous auront peut-être paru longues, mais
i crues nécessaires. Il fallait montrer par combien de
s étrangères à la science a été obscurcie la question,
voir que les torts ne sont pas seulement d'un côté. Ce
us venons de dire explique à lui seul certaines objec-
certains procédés de discussion de nos adversaires.

résulte aussi, pour les naturalistes bien décidés à ne
erter le terrain de la science, la nécessité autant que
de reviser soigneusement tous les jugements qui ont
és, non-seulement sur la question générale, mais sur
stions de détail qui, nous l'avons vu, s'y rattachent.

ARM. ANGLIVIEL.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

M. TH. GRAHAM (1)

de la Société royale de Londres et de l'Institut de France

ogène dans ses rapports avec le palladium (2). L'hydrogénium

souvent affirmé, en se fondant sur des considérations
ues, que le gaz hydrogène est la vapeur d'un métal
ement volatil. On est de même porté à croire que le
um avec son hydrogène occlus n'est autre chose qu'un
dans lequel la volatilité de l'un des éléments est comprimée par son union avec l'autre, et qui doit son aspect métallique également aux deux corps qui le composent. On jugera jusqu'à quel point cette théorie est vérifiée par les faits, en lisant l'examen suivant des propriétés du corps, que je proposerais, en admettant son caractère métallique, d'appeler *hydrogénium*.

1. DENSITÉ. — La densité du palladium, après qu'il a été chargé de 800 ou 900 fois son volume de gaz hydrogène, s'abaisse sensiblement ; mais le changement qui s'opère ne peut se mesurer avec précision par la méthode ordinaire de l'immersion dans l'eau, à cause du dégagement continu de petites bulles d'hydrogène, qui paraît être causé par le contact avec le liquide. Toutefois, les dimensions linéaires du palladium chargé sont modifiées à tel point, qu'on peut facilement mesurer la différence, et l'on arrive ainsi par le calcul à la densité cherchée. Le palladium, sous forme de fil, se charge facilement d'hydrogène, lorsqu'on fait dégager ce gaz à la surface du métal dans un galvanomètre contenant de l'acide sulfurique étendu comme à l'ordinaire (1). On a déterminé la longueur du fil avant et après la charge, en le tendant au moyen d'un même poids assez faible pour ne pas produire une tension permanente au-dessus de la surface d'une règle graduée. La règle avait été graduée au centième de pouce, et l'on pouvait lire jusqu'aux millièmes, au moyen d'un vernier. On notait la distance entre le point de rencontre de deux lignes fixes croisées, marquées sur le fil près de chaque extrémité.

Première expérience. — Le fil provenait de palladium forgé; il était dur et élastique. Son diamètre était de $0^{mm},462$; sa densité, déterminée avec soin, de 12,38. On tordit le fil à chaque extrémité de manière à y faire un anneau, et l'on fit une marque aussi près que possible de chaque anneau. On vernit les anneaux, de manière à limiter l'absorption du gaz à la partie contenue entre les deux marques. Pour tendre le fil, on fixa l'un des anneaux, et l'on fit passer dans l'autre une corde engagée dans une poulie et chargée de $1^{kil},5$, poids suffisant pour tendre le fil, sans pourtant l'exposer à une tension excessive. On chargea le fil d'hydrogène en en faisant le pôle négatif d'une petite pile de Bunsen, composée de deux cellules, chacune de 1/2 litre de capacité. Comme pôle positif on se servit d'un fil épais de platine, placé à côté du fil de palladium, et suivant ce dernier dans toute sa longueur dans l'intérieur d'un long bocal rempli d'acide sulfurique étendu. On exposa ainsi la surface du fil de palladium à l'hydrogène pendant une demi-heure. On s'assura qu'une exposition plus longue n'ajoutait pas sensiblement à la charge d'hydrogène acquise par le fil de palladium. On mesura le fil de nouveau, et l'on nota une augmentation en longueur. Enfin on l'essuya dans un linge, on le coupa à l'endroit des marques et on chauffa la portion chargée dans un tube de verre étroit, dans lequel le vide était maintenu au moyen d'un aspirateur Sprengel. La totalité de l'hydrogène occlus fut ainsi recueillie et mesurée, et le volume réduit par le calcul à la pression barométrique de $0^{m},760$, et à la température de 0 degré centigrade.

La longueur primitive du fil de palladium, avant l'exposition, était de $609^{mm},144$, et son poids de $1^{gr},6832$. La charge

---

oyez une note de M. Graham dans notre tome IV, page 464,
1867.

oyez une conférence de M. W. Odling dans notre tome V,
, 14 décembre 1867.

casion de la communication des travaux de M. Graham à l'Aca-
es sciences de Paris, M. Wurtz a exposé qu'il avait tenté autre-
pliquer à la préparation d'un hydrure de palladium le procédé
a permis de préparer une combinaison définie d'hydrogène et
re, et qui consiste à réduire le sulfate de cuivre par l'acide
sphoreux. Lorsqu'on ajoute un excès d'une solution de cet acide
tion d'un sel palladique, la liqueur se trouble au bout de quel-
tants et laisse déposer un précipité brun, tellement divisé qu'il
travers d'un filtre. Presque immédiatement, et même à 0 de-
se manifeste un dégagement d'hydrogène, qui devient très-vif
hauffe. Quand ce dégagement a cessé, la liqueur s'est éclaircie
écipité est devenu noir, floconneux : c'est du palladium. On
r de ces faits cette conséquence, que le palladium pulvérulent
phe qui s'est précipité par l'acide hypophosphoreux est incapable
ir l'hydrogène.

(1) *Proceedings of the Royal Society*, volume XVI, page 422, 22 juin 1868. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, tome LXVI, page 1014, 25 mai 1868.

d'hydrogène qu'il reçut s'éleva à 936 fois son volume, mesurant 128 centimètres cubes, et pesant par conséquent 0gr,01147. Après que le gaz eut été complétement chassé, on s'assura, par une pesée directe, que la perte avait été de 0gr,01164. Le fil chargé était de 618mm,923, ce qui répondait à une augmentation en longueur de 9mm,889. L'augmentation de la dimension linéaire est de 100 à 101,605, et celle de la capacité cubique, en supposant que l'expansion soit égale dans tous les sens, de 100 à 104,908. En admettant que les deux métaux soient unis sans aucun changement de volume, on peut donc dire que l'alliage se compose de :

Palladium	100	ou	95,32
Hydrogénium..........	4,908		4,68
	104,908		100,00

La dilatation éprouvée par le palladium, si on l'envisageait comme un changement de volume opéré dans le métal lui-même par une force physique quelconque, serait énorme, car elle s'élève à 16 fois la dilatation du palladium chauffé de zéro à 100 degrés centigrades. La densité du fil chargé est réduite par le calcul de 12,3 à 11,79. De plus, le volume du palladium, 0cc,1355, est au volume de l'hydrogénium, 0cc,006714, comme 100 est à 4,91. Enfin, en divisant le poids de l'hydrogénium, 0gr,01147, par son volume dans l'alliage, 0cc,006714, on trouve la densité de l'hydrogénium égale à 1,708. D'après cette première expérience, la densité de l'hydrogénium serait donc très-voisine de celle du magnésium, 1,743.

On remarquera, en outre, que l'expulsion de l'hydrogène, quel que soit le moyen employé, est accompagnée d'une contraction extraordinaire du fil. Lorsqu'on chassa l'hydrogène par une douce chaleur, non-seulement le fil revint à sa longueur primitive, mais il tomba autant au-dessous qu'il s'était auparavant élevé au-dessus de zéro. Le fil de palladium, qui mesurait d'abord 609mm,144, et qui augmenta de 9mm,77, se réduisit à 599mm,444 ; il se contracta donc de 9mm,7. La contraction est permanente. En même temps le palladium, loin d'augmenter, diminua de densité, c'est-à-dire qu'il tomba de 12,38 à 12,12, ce qui prouve que la contraction du fil s'était effectuée seulement en longueur. C'est l'inverse de l'extension du fil par le procédé de tréfilage. On pourrait peut-être expliquer le retrait du fil, en supposant que le tréfilage a pour effet de laisser les molécules du métal dans un état de tension inégale, tension excessive dans le sens de la longueur du fil. Ces particules semblent devenir mobiles et reprendre leur équilibre à mesure que l'hydrogène se dégage, et le fil se contracte en longueur en même temps qu'il se dilate en sens contraire, ainsi que le démontre sa densité finale.

Un fil de palladium entièrement chargé d'hydrogène et frotté de magnésie (afin de rendre la flamme lumineuse) brûle comme un fil de lin imprégné de cire, quand on l'allume à la flamme d'une lampe.

Deuxième expérience. — Une autre portion du même fil de palladium fut chargée d'hydrogène par le même procédé. On trouva les résultats suivants :

	mm.
Longueur du fil de palladium............	488,976
Le même avec 857 vol.,15 de gaz occlus....	495,656
Allongement linéaire	6,68
Allongement linéaire sur 100.............	1,3663
Dilatation cubique sur 100...............	4,154
Poids du fil de palladium................	1gr.,0667
Volume du fil de palladium...............	0cc.,08672
Volume du gaz hydrogène occlus..........	75cc.,2
Poids du même...........................	0gr.,00684
Volume de l'hydrogénium.................	0cc.,003601

Calculée d'après ces résultats, la densité de l'hydrogé[...] est 1,898.

Troisième expérience. — Le fil de palladium était neu[...] eut soin de le bien recuire avant de le charger d'hydrog[...] il fut exposé au rôle négatif pendant deux heures, après [...] il cessa de s'allonger :

	mm.
Longueur du fil de palladium............	556,185
Le même avec 888 vol.,303 hydrogène.....	563,632
Allongement linéaire	7,467
Allongement linéaire sur 100	1,324
Expansion cubique sur 100...............	4,025
Poids du fil de palladium...............	1gr.,1675
Volume du fil de palladium..............	0cc.,0949
Volume du gaz hydrogène occlus.........	84cc.,3
Poids du même	0gr.,00755
Volume de l'hydrogénium	0cc.,00382

D'après ces résultats, le calcul donne la densité de l'hy[...]génium égale à 1,977.

Il était indispensable d'admettre, dans cette discussion[...] les deux métaux ne se contractent ni ne se dilatent, [...] qu'ils gardent leur volume propre en s'unissant. M. [...]thiessen a démontré que généralement, dans la formatio[n...] alliages, les métaux conservent à peu près leurs densités [...]mitives (1).

Il est probable que le maximum d'absorption du gaz p[...] fil, savoir 935vol,67, fut atteint dans la première expéri[...] déjà décrite. On peut charger le palladium d'une propo[...] quelconque d'hydrogène plus faible, en diminuant la d[...] de l'exposition au gaz (329 volumes d'hydrogène furent a[...]bés en vingt minutes), et l'on a ainsi un moyen d'obser[...] la densité de l'hydrogénium reste constante ou si elle v[...] avec la proportion d'hydrogène contenu dans l'alliage. [...] la Table suivante, qui comprend les trois expériences déj[...]crites, on n'a indiqué que les points essentiels :

Volumes d'hydrogène occlus.	Dilatation linéaire en millimètres		Densité de l'hydrogénium.
	de	à	
329	496,189	498,552	2,055
462	493,040	496,520	1,930
487	370,358	373,126	1,927
745	505,538	511,303	1,917
867	488,976	195,656	1,898
888	556,185	563,652	1,977
936	609,144	618,925	1,708

A ne comparer que la première et la dernière expérie[nce...] il semblerait que l'hydrogénium devient sensiblement [...] dense quand la proportion en est faible, ainsi que le mont[re...] les chiffres 1,708 et 2,055. Mais la dernière expérience [...] peut-être exceptionnelle, et toutes les autres indiquent [...] grande uniformité de densité. La densité moyenne de l'hy[...]génium, d'après l'ensemble des expériences, mais en lais[...] de côté la dernière, est de 1,951, ou près de 2. Cette uni[formité...] est en faveur de la méthode suivie dans la détermina[tion...] de la densité de l'hydrogénium.

Quand on charge d'hydrogène et qu'on décharge à plusie[urs...] reprises le même fil de palladium, on observe toujours le [...]gulier *retrait* déjà décrit, qui paraît se reproduire indéf[iniment...]ment. Les dilatations ci-dessous, causées par une charge [...]

(1) Voyez une conférence de M. Matthiessen à l'Institution, [...] *alliages*, dans notre tome V, page 407, 23 mai 1868 ; et *Philosoph[ical] Transactions*, 1860, page 177.

ydrogène, furent suivies, après l'expulsion du gaz, ls mentionnés en regard :

	Allongement. mm.	Retrait. mm.
re expérience........	9,77	9,70
e »	5,765	6,20
e »	2,36	3,14
e »	3,482	4,95
		23,99

e palladium, qui dans l'origine mesurait 609mm,144, rès quatre décharges successives d'hydrogène, une n permanente de 23mm,99, c'est-à-dire une dimi- 5,9 pour 100 sur sa longueur primitive. Avec une tion de fil, après plusieurs décharges, la contraction squ'à 15 pour 100 de la longueur primitive. On re- que les contractions sont plus considérables que les ents correspondants, surtout dans le cas d'une faible hydrogène. La densité du fil contracté était de 12,12 ; it donc produit aucune condensation générale des du métal. Le fil se rétrécit en longueur seulement. s expériences précédentes, on chassa l'hydrogène en le palladium, placé dans un tube de verre, à une modérée inférieure au rouge, et en faisant le vide au un aspirateur Sprengel; mais on suivit aussi une hode pour retirer le gaz : on employa le fil comme positive, et l'on produisit ainsi un dégagement à sa surface. Il se forme dans ces conditions une che d'oxyde de palladium, mais elle ne paraît nul- 'opposer à l'extraction et à l'oxydation de l'hydro- il mesurait :

	mm.	Différence. mm.
vant la charge.......	443,25	
vec l'hydrogène	449,90	+ 6,68
près décharge.......	437,31	— 5,94

ait du fil n'exige donc pas l'emploi d'une haute tem- Cette expérience démontre en outre qu'on peut d'une manière complète une forte charge d'hydro- l'exposant au pôle positif, pendant quatre heures s actuel. Car le fil, après ce traitement, ne donna drogène lorsqu'on le chauffa dans le vide.

ce fil, qui avait déjà reçu plusieurs charges d'hydro- encore une fois exposé à une charge maxima, afin si son allongement sous l'influence de l'hydrogène t non être facilité et devenir plus grand, à cause du nsidérable qui l'avait précédé. Mais on ne constata areil, même après avoir chargé à plusieurs reprises *cté*, et la dilatation conserva son rapport normal avec ne absorbé. La densité finale du fil était de 12,18. tracté a subi toutefois une modification d'un autre i paraît indiquer un profond changement molé- e métal perd peu à peu une grande partie de sa d'absorption pour l'hydrogène. Le dernier fil, qui reçu six charges d'hydrogène, fut de nouveau sou- nt deux heures à l'action de ce gaz, et n'absorba olumes ; une nouvelle expérience donna 330vol,5. Le bsorbant du palladium avait donc été réduit au tiers ximum. Toutefois, ce pouvoir parut augmenter sous -d'une forte chaleur rouge, qu'on obtint en faisant ravers le fil le courant électrique d'une pile. L'ab- s'éleva à 425 volumes d'hydrogène. Une seconde e fournit 422vol,5.

cité. — Un fil de palladium neuf, semblable au dernier, et dont 100 millimètres pesaient 0gr,1987, se rompit, dans des expériences faites sur deux portions différentes, sous un poids de 10 kilogrammes et de 10kil,17. Deux autres portions du même fil complètement chargées d'hydrogène cédèrent à un poids de 8kil,18 et de 8kil,27. On a donc :

Ténacité du fil de palladium	100
» » » chargé d'hydrogène..	81,29

La ténacité du palladium est donc amoindrie par l'addition de l'hydrogène, mais d'une manière peu considérable, et l'on se demande si le degré de ténacité qui subsiste est compatible avec une autre théorie que celle qui envisage le second élément en présence comme doué lui-même de la ténacité qu'on observe dans les métaux.

III. Conductibilité électrique. — M. Becker, qui est fort au courant de la pratique des épreuves pour la détermination du degré de conductibilité électrique des fils métalliques, a essayé un fil de palladium, avant et après la charge d'hydrogène, comparativement avec un fil de maillechort de diamètre égal et de même longueur à 10°,5. On trouva pour les différents fils les degrés de conductibilité suivants, le cuivre pur étant égal à 100 :

Cuivre pur................................	100
Palladium..................................	8,10
Alliage de 80 pour 100 de cuivre et 20 pour 1000 de nickel (maillechort)........................	6,63
Palladium et hydrogène.........................	5,99

On observe généralement une diminution dans le pouvoir conducteur des alliages ; aussi le palladium chargé tombe de 25 pour 100. Mais la conductibilité reste néanmoins considérable, et le résultat peut être regardé comme favorable au caractère métallique du second élément du fil.

IV. Magnétisme. — Il a été constaté par Faraday, comme résultat de toutes ses expériences, que le palladium était *réellement, quoique faiblement, magnétique*, et ce corps a été placé par lui au nombre de ce qu'on appelle maintenant les *métaux paramagnétiques*. Mais le faible magnétisme du palladium ne s'étendait pas à ses combinaisons salines.

En répétant ces expériences, on se servit d'un électro-aimant de fer doux en fer à cheval, d'environ 15 centimètres de hauteur. Il pouvait supporter un poids de 60 kilogrammes sous l'action de quatre grands éléments de Bunsen. On a ainsi un aimant d'induction d'une force ordinaire. L'instrument fut placé avec ses pôles dirigés en haut, chaque pôle étant pourvu d'un petit cube de fer doux se terminant latéralement par une pointe, comme une petite enclume. Le palladium soumis à l'expérience fut suspendu entre ces deux pointes au moyen d'un étrier de papier attaché à trois fibres de soie de cocon, d'une longueur de 3 décimètres, et le tout fut recouvert d'une cloche de verre. Un filament de verre attaché au papier se mouvait, en guise d'indicateur, autour d'un cercle de papier collé sur la cloche et divisé en degrés. Le métal, qui était un fragment oblong de palladium déposé par l'électricité, d'environ 8 millimètres de long et 3 millimètres de large, fut amené au repos dans une position équatoriale, c'est-à-dire avec ses extrémités également éloignées des pôles de l'aimant, lequel fut alors chargé par le contact avec la pile. On observa une légère déviation du palladium, de 10 degrés seulement, le magnétisme agissant contre la torsion du fil suspenseur. Le même palladium, chargé de 604vol,6 d'hydrogène, éprouva une déflexion de 48 degrés, et se mit alors ar-

repos. Le gaz ayant été ensuite chassé, et le palladium placé de nouveau dans le sens de l'équateur par rapport aux pôles de l'aimant, il ne se produisit pas la plus faible déviation. Il est donc évident que l'hydrogène accroît le faible magnétisme du palladium. Afin d'établir quelques termes de comparaison, on plongea la même petite masse de palladium déposé par l'électricité dans une solution de sulfate de nickel, ayant une densité de 1,082, qu'on sait être magnétique. La déviation s'éleva dans ce cas à 35 degrés, c'est-à-dire qu'elle était moindre que dans le cas de l'hydrogène. Lavé ensuite, et imprégné d'une solution de protosulfate de fer d'une densité de 1 048 (2,3 pour 100 du poids du palladium était absorbé), le palladium indiqua une déviation de 50 degrés, ou environ la même qu'avec l'hydrogène. Avec une solution plus forte du même sel, d'une densité de 1,17, la déflexion était de 90 degrés, et le palladium s'orienta dans la direction de l'axe.

Le palladium, sous la forme de fil ou de feuille, n'éprouva aucune déviation, lorsqu'on le plaça dans le même appareil, dont la sensibilité médiocre était, dans ces circonstances, un véritable avantage. Mais, après avoir été chargé d'hydrogène, le palladium sous cette forme subit régulièrement une déviation de 20 degrés. Un lavage du fil ou de la feuille à l'acide chlorhydrique, dans le but d'enlever toutes traces possibles de fer, ne modifia pas ce résultat. Le palladium déposé d'une solution de cyanure, ou bien précipité au moyen de l'acide hypophosphoreux, et placé dans un tube de verre, ne montra pas dans notre appareil de propriétés magnétiques, mais il devint sensiblement magnétique après avoir été chargé d'hydrogène.

Il paraît donc que l'hydrogénium est magnétique, propriété qui n'appartient qu'aux métaux et à leurs combinaisons. Ce magnétisme n'est pas appréciable dans le gaz hydrogène, qui a été classé par Faraday et par M. Edm. Becquerel au bas de la liste des corps diamagnétiques. On admet que ce gaz est sur la limite des corps paramagnétiques et diamagnétiques. Mais le magnétisme est si susceptible d'extinction sous l'influence de la chaleur, que cette propriété dans un métal peut très-bien disparaître entièrement lorsqu'il se trouve à l'état de fusion ou sous forme de vapeur, ce qui paraît avoir lieu pour l'hydrogène gazeux. De même que le palladium occupe un haut rang dans la série des métaux paramagnétiques, de même il faut admettre que l'hydrogénium s'élève au-dessus de cette classe et se range parmi les corps vraiment magnétiques, tels que le fer, le nickel, le cobalt, le chrome et le manganèse.

Le palladium et l'hydrogène a une haute température. — La facile perméabilité du palladium pour l'hydrogène, sous l'influence de la chaleur, implique la rétention de ce dernier élément par le métal même à la température du rouge vif. L'hydrogénium doit se mouvoir, en effet, à travers le palladium par cémentation, procédé moléculaire qui exige du temps. Dans les premières tentatives qu'on entreprit pour arrêter l'hydrogène dans son passage à travers du métal rouge, on fit passer le gaz dans un tube de palladium chauffé, en dehors duquel on maintenait le vide, et immédiatement après un courant d'acide carbonique dans lequel on laissa refroidir le métal. En soumettant ensuite le palladium aux épreuves ordinaires, on n'y trouva aucune trace d'hydrogène. La courte exposition du métal à l'influence du gaz acide carbonique paraît avoir été suffisante pour dissiper l'hydrogène. Mais
lorsqu'on chauffa au rouge la feuille de palladium dan
flamme de l'hydrogène, et qu'on la refroidit subitement e
plongeant dans l'eau, on trouva une faible proportion d'
drogène renfermée dans le métal. Un volume de métal ég
0^{cc},062 abandonna 0^{cc},080 d'hydrogène, c'est-à-dire qu
volume du gaz mesuré à froid était égal à 1,306 fois celui
métal. Cette quantité de gaz équivaudrait à trois ou qu
fois le volume du métal à la température du rouge. Le
tine traité de la même manière parut aussi fournir de l'
drogène, mais la quantité était trop petite pour qu'on y
compter et ne mesurait que les 0,06 du volume du métal.
perméabilité de ces métaux pour l'hydrogène est donc at
buable à leur pouvoir d'absorption, et paraît indépendant
toute hypothèse relative à leur porosité.

La plus grande vitesse de perméabilité qu'on observa
de 4 litres d'hydrogène (3992 centimètres cubes) par min
au travers d'une plaque de palladium de 1 millimètre
paisseur et correspondant à 1 mètre carré de surface, à
vive chaleur rouge, très-peu inférieure au point de fusion
l'or. Il y a donc un mouvement de l'hydrogène au traver
la substance du métal avec une vitesse de 4 millimètres
minute.

Les conclusions générales qui résultent de ce travail
les suivantes. Dans le palladium complétement chargé d
drogène, par exemple dans le fil de palladium soumis
Société royale, il existe un composé de palladium et d'hy
gène, dans des proportions qui sont voisines de celles d'é
valent à équivalent. Les deux substances sont solides,
talliques et blanches. L'alliage contient environ 20 volu
de palladium pour 1 volume d'hydrogénium, et la densité
ce dernier est égale à 2, un peu plus élevée que celle du
gnésium, avec lequel on peut supposer que l'hydrogéni
possède quelque analogie. Cet hydrogénium a un certain
gré de ténacité, et il est doué de la conductibilité électri
d'un métal. Enfin l'hydrogénium prend place parmi les
taux magnétiques. Ce fait se relie peut-être à la présence
l'hydrogénium dans le fer météorique, où il est associé à c
tains autres éléments magnétiques (2).

Je ne puis terminer ma lettre sans saisir cette occas
d'adresser mes plus sincères remerciements à M. W. C.
berts, pour le précieux concours qu'il m'a donné dans tou
ses recherches.

TH. GRAHAM,
Directeur des monnaies de Londr

(1) Les propriétés chimiques de l'hydrogénium le distinguent
l'hydrogène ordinaire. L'alliage de palladium précipite le mercu
son protochlorure d'une dissolution de bichlorure de mercure,
aucun dégagement d'hydrogène; c'est-à-dire que l'hydrogénium
compose le bichlorure de mercure, ce qui n'a pas lieu avec l'hydrog
Ce fait explique pourquoi M. Stanislas Meunier ne réussit pas à tro
l'hydrogène occlus par le fer météorique, en dissolvant celui-ci
une solution de bichlorure de mercure, l'hydrogène étant emp
comme le fer lui-même à la précipitation du mercure. L'hydrogén
(associé au palladium) s'unit avec le chlore et l'iode dans l'obscu
réduit les sels de peroxyde de fer à l'état de protoxyde, transform
prussiate rouge de potasse en prussiate jaune, et possède enfin
puissance désoxydante considérable. Il paraît constituer la forme m
de l'hydrogène, comme l'ozone est celle de l'oxygène.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ÈME ANNÉE — NUMÉRO 13 — 27 FÉVRIER 1869

Paris, 26 février 1869.

)eshayes vient d'être nommé professenr à la chaire lides mollusques et zoophytes du Muséum. Le dérial est daté du 17 février. C'est le 15 à cinq heures ue l'Académie des sciences a voté sa liste de présen- le ministère de l'instruction publique n'a pu la con- e le 16. — M. Deshayes n'était pas encore nommé avait déjà trouvé un suppléant.

s avons annoncé il y a quinze jours le changement e la chaire de *médecine comparée* qui prendra désor- m de PATHOLOGIE COMPARÉE EXPÉRIMENTALE. M. Brown- ient d'être chargé du cours, comme on s'y attendait. istre de l'instruction publique a cru devoir écrire au doyen de la Faculté pour justifier en quelque e mesure. « La Faculté n'ignore pas, dit-il, que le e médecine comparée n'a jamais été fait et qu'au- régé n'était spécialement attaché à cette chaire... Je ile pas que la situation provisoire faite à M. Brown- d n'obtienne le suffrage de MM. vos collègues... puis- complète le cadre de l'enseignement sans porter à aucun intérêt. M. Brown-Séquard recevra le trai- fixe de la chaire, mais il ne prendra point part aux ns. »

ignation de M. Brown-Séquard avait-elle donc pro- s plaintes ou des critiques?... M. Brown-Séquard rem- ntôt sans doute les conditions nécessaires pour acqué- tionalité française et pouvoir ainsi devenir professeur Espérons qu'il ne se produira pas à son égard on qui a fait échouer il y a trois ans (voyez notre p. 1, 2 décembre 1865) le projet de créer une chaire lmologie à la Faculté de Paris, comme il en existe Universités étrangères, parce qu'on savait que cette evait être donnée à l'élève d'Helmholtz, M. Liebreich, sonne ne contestait le mérite. D'ailleurs, par suite gement de titre de la chaire, le ministre peut se i bon lui semble, des présentations de la Faculté. 'est produit mardi dernier, dans le comité secret de nie de médecine de Paris, un incident fort grave.

ırdia, sous-bibliothécaire de l'Académie, écrit, dans et surtout dans la *Gazette médicale de Paris*, des ar- il apprécie quelquefois les travaux de l'Académie en mais le plus souvent la personnalité scientifique de s-uns de ses membres en particulier. Il vient notam- terminer dans la *Gazette médicale* la publication d'une tudes sur les académiciens libres. Les jugements de dia sont ordinairement très-sévères, mais il faut reconnaître que cette sévérité n'est pas toujours une injustice. Il paraît que M. Guardia fut averti, puis officiellement admonesté par les officiers de l'Académie, et qu'il n'en tint aucun compte. Mardi dernier, le secrétaire perpétuel proposa de demander au ministre la révocation de M. Guardia, et cette proposition fut votée à l'unanimité, malgré l'intervention de M. Larrey qui voulait renvoyer l'affaire au conseil d'administration.

Assurément, je ne voudrais pas m'associer à toutes les critiques ni à tous les jugements de M. Guardia. La bienveillance ne paraît pas être le trait saillant de son caractère, et le plaisir qu'il prend à étudier le *revers de la médaille* lui fait quelquefois oublier de la retourner pour regarder les beautés réelles de la face. Mais n'est-ce pas un peu la réaction de tant d'écrits où la note élogieuse se repercute incessamment sans jamais craindre la monotomie ? Il est vrai que la plume incisive de M. Guardia s'est attaquée bien souvent à de grandes notabilités scientifiques ou médicales. Mais a-t-il toujours eu tort dans ses critiques? Personne ne le prétendrait.

On a dit, pour défendre le vote de l'Académie, que ses rigueurs ne s'adressaient pas au journaliste. Mais que reproche-t-on à M. Guardia? Est-ce de manquer de soin pour les livres confiés à sa garde ou de négliger ses devoirs de bibliothécaire? Non. Ce qu'on incrimine, ce sont ses articles. N'est-ce donc pas s'attaquer au journaliste qui doit échapper absolument à la juridiction de l'Académie ? Dès que le bibliothécaire remplit les devoirs de sa charge, on ne devrait même pas s'informer s'il écrit dans la *Gazette médicale* ou dans le *Temps*. En France, où tout le monde touche plus ou moins à une position officielle, il n'y aurait plus d'indépendance ni de critique possible avec les principes que veut appliquer l'Académie de médecine, prononçant dans sa propre cause. Il est donc difficile de voir dans son vote autre chose qu'un acte de colère, et un acte de colère impuissant. Espère-t-on en effet adoucir l'âpreté de M. Guardia en le privant des maigres fonctions de sous-bibliothécaire? Ces persécutions ne feront que donner à ses articles un crédit qu'ils n'avaient pas toujours.

Il n'y a pas encore deux ans, plusieurs professeurs du Muséum se plaignirent personnellement au ministre du blâme que leur infligeait, dans un journal quotidien, un des aides naturalistes de cet établissement. Le ministre leur répondit de faire une démarche officielle et qu'il agirait disciplinairement s'il y avait lieu. Les plaignants reculèrent devant une dénonciation officielle, et ils eurent raison. L'Académie de médecine a cru devoir agir autrement. Il est peu probable que le ministre résiste à son vœu ; mais enfin, que ferait-elle s'il répondait que sa juridiction ne s'étend pas sur les rédacteurs de la *Gazette médicale* ni du *Temps*, et que là il n'a, comme tout le monde, que sa place au parterre ?

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

IV

Histoire de l'expérimentation physiologique — L'art d'expérimenter sur les êtres vivants

Pour étudier les phénomènes des êtres vivants et découvrir les lois qui les gouvernent, il n'est pas nécessaire de connaître l'essence même de la vie. Nous n'avons donc pas à nous occuper de l'essence de la vie pas plus que de celle de la pesanteur, de la combustion, ou de tout autre phénomène physique ou chimique ; ce qui ne nous empêche pas d'étudier ces phénomènes, de mesurer leur intensité, de déterminer leurs conditions et même de nous en rendre maîtres au point de les produire ou de les empêcher à notre gré. L'essence des choses nous échappera toujours non-seulement en physiologie, mais dans tous les ordres de sciences possibles. Nous ne devons pas prétendre à saisir la nature intime de la matière ; ses propriétés seules tombent sous nos sens et nous ne pouvons étudier que leurs manifestations. Mais cela nous suffit, car le savant ne doit pas aspirer à connaître autre chose ; nous ne cherchons à déterminer que les conditions des phénomènes, leurs causes secondes ou immédiates, sans nous inquiéter de leur cause première, qui n'est pas du domaine de la science et dont la poursuite serait tout à fait chimérique en même temps qu'inutile à notre but.

Pour atteindre les conditions d'existence des phénomènes, nous avons vu qu'il fallait les analyser en poussant cette analyse aussi loin que possible. Ainsi, en chimie, on est parti des corps les plus complexes, et, d'analyse en analyse, de progrès en progrès, on est arrivé jusqu'aux corps simples, aux éléments, dont la combinaison en nombres et en proportions diverses forme toutes les substances de la nature brute. En physiologie, il faut de même pousser l'analyse jusqu'aux éléments organiques dont la réunion constitue les êtres vivants.

Ce que nous disons de la physiologie s'applique également à la médecine expérimentale, car ces deux sciences ne sont qu'une seule et même chose. Ce sont toujours les phénomènes de la vie que nous avons à considérer dans des conditions diverses. La physiologie de l'homme malade et la physiologie de l'homme sain ne sont que deux faces de la physiologie de l'homme ; d'un cas à l'autre, les lois ne sauraient varier. Les conditions au milieu desquelles se développent les maladies ne peuvent introduire dans l'organisme des forces qui n'y fussent pas avant elles, ni créer une physiologie pathologique opposée à la physiologie normale. Les conditions morbides dérangent la marche normale des fonctions de l'organisme, mais toujours en se conformant à ses lois ordinaires, comme les perturbations des astres sont le résultat des lois mêmes qui règlent leurs cours normal. L'homme ne peut tomber malade et mourir qu'en vertu des lois mêmes qui le faisaient vivre en bonne santé.

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135 et 155, 16 et 30 janvier et 6 février 1869, et les numéros indiqués à la note de renvoi page 98.

La physiologie et la médecine expérimentale étudiant des phénomènes de même nature, doivent donc procéder analytiquement d'une manière identique. Mais l'analyse de l'organisme ne pouvait être que progressive ; il était impossible d'arriver du premier coup aux grandes délicatesses sans avoir d'abord pour ainsi dire dégrossi le sujet et séparé les parties principales qu'il était plus facile de distinguer les unes des autres. Les premières expériences devaient donc nécessairement être fort grossières : on a commencé par opérer sur les organes en masse, plus tard on est arrivé aux tissus, et l'on a poussé enfin jusqu'aux éléments organiques ; car il était impossible de débuter par des expériences perfectionnées, avant d'avoir passé par des expériences imparfaites.

L'origine de l'expérimentation physiologique remonte très loin. On la trouve déjà chez les Grecs ; Galien nous en a laissé un assez grand nombre d'exemples. Ses expériences consistaient généralement à supprimer des organes pour examiner les troubles qui en résultaient, et conclure ainsi aux fonctions des organes enlevés ; par exemple, il avait coupé les nerfs laryngés et vu leur influence sur la voix. Galien, et avant lui Erasistrate, savaient également qu'une piqûre entre l'occipital et l'atlas déterminait la mort ; seulement, ils l'attribuaient dans ce cas, à la lésion des membranes cérébrales, etc. Plus tard, appuyé sur les travaux des anatomistes italiens, et surtout de son maître, Fabrice d'Acquapendente, Harvey découvre la circulation du sang et étudie son mécanisme. On n'en est encore qu'aux organes. Plus tard encore on avance un peu plus, on fait la géographie du système nerveux et l'on détermine l'ensemble de ses propriétés ; puis on distingue les nerfs en deux classes, les nerfs moteurs et les nerfs sensitifs, avec des propriétés toutes différentes ; enfin on distingue des nerfs sensitifs de divers genres par les fonctions qu'ils remplissent, les nerfs des sens spéciaux par exemple. Par une analyse de plus en plus profonde, on a, plus récemment encore, distingué de nouvelles catégories de nerfs, tels que les nerfs vaso-moteurs, etc.

L'anatomie suit une marche parallèle. On a débuté par l'anatomie topographique et par l'anatomie descriptive, qui examinent les organes dans leur ensemble et par systèmes. Plus tard arrive l'anatomie générale, qui détermine les tissus dont sont formés tous les organes et qui devient enfin l'histologie, en découvrant, par l'analyse de ces tissus, les éléments organiques qui les constituent.

Ainsi de progrès en progrès, d'analyse en analyse, l'anatomie et la physiologie en sont arrivées maintenant aux éléments organiques eux-mêmes. Tel est l'état actuel de la science. Pour ne pas rester en arrière de son temps, il faut donc aujourd'hui, toutes les fois qu'on étudie un phénomène, chercher à parvenir jusqu'aux éléments organiques dans lesquels il réside. C'est là que doit être l'objectif final du travail scientifique. Tous les phénomènes de la vie s'accomplissent dans les éléments organiques, les agents extérieurs ne peuvent agir sur l'organisme qu'en faisant pénétrer leur influence jusqu'à eux ; c'est là que se produisent toutes les actions physiologiques, pathologiques, toxiques ou thérapeutiques, et ces actions sont en rapport avec les propriétés de tel ou tel élément qui les expliquent.

Mais le langage de la médecine s'est formé sous l'influence d'idées bien différentes et à une époque où l'état des connaissances physiologiques était loin de permettre une conception semblable à celle que nous avons aujourd'hui. C'est ce qu

e ce langage exprime souvent des idées qui ne corres-
nt plus au point de vue sous lequel nous devons con-
r aujourd'hui les phénomènes de l'organisme.
i les médecins disent d'ordinaire que tel médicament
ır telle maladie, ou même sur tel symptôme de la ma-
par exemple que la quinine agit sur la fièvre. Mais
ce que cela peut signifier en physiologie? Absolument
La fièvre est une pure entité, qui ne saurait par consé-
subir par elle-même aucune action. On dit plus sou-
ncore que certaines substances agissent sur des diathè-
ganiques, par exemple qu'elles modifient les diathèses
leuse, tuberculeuse, syphilitique, etc. Cela n'a pas plus
lité scientifique. Diathèses et maladies sont de simples
ons de l'esprit, des mots sous lesquels nous réunissons
rtain ensemble de phénomènes concomitants ou suc-
. Mais au fond il n'y a de réel, et par conséquent d'in-
able, que la matière dans laquelle se passent les phé-
es intimes eux-mêmes. Un médicament quelconque
t donc agir que sur un élément organique et pas sur
hose.
sur une maladie, modifier une diathèse, ce sont donc là
pressions purement littéraires. On peut les employer
ute pour la commodité du langage puisqu'elles sont
s, mais à condition de bien les entendre et de ne ja-
ublier ce qu'on veut indiquer par là ; il y aurait les
ands dangers à en être dupe et à les prendre à la lettre.
avons insisté de nouveau sur le véritable caractère
nomènes de la vie parce qu'il est indispensable, avant
er utilement l'étude d'une science, d'être bien fixé sur
re et sa méthode. Il ne faudrait pas laisser croire un
tant que la physiologie diffère des autres sciences par
cipes généraux, sa nature essentielle, ou sa méthode
igation. C'est une science qui doit marcher comme la
ue ou la chimie dans la voie de l'expérimentation ; elle
re de ses voisines que par l'objet auquel elle s'appli-
la délicatesse beaucoup plus grande des phénomènes
étudie. Les principes généraux de la méthode restent
ment les mêmes, et il ne peut y avoir à modifier que
édés expérimentaux dont les détails pratiques sont
ment subordonnés d'une façon très-étroite à l'objet
auquel on veut les appliquer.
ysiologie est une science expérimentale toute nouvelle.
rt peu de temps qu'elle existe d'une manière inde-
e, qu'elle a conquis son autonomie, qui lui permettra
évelopper suivant sa nature propre et ses véritables
es.
ysiologie était comprise autrefois dans d'autres scien-
zoologie, l'anatomie et la médecine. Ce n'est que peu
u'elle s'est formée comme science distincte. On voyait
temps à autre des anatomistes, des médecins, des
stes, des chimistes, des physiciens même entrepren-
lques expériences physiologiques. Mais chacun avait
ené à ce travail physiologique par ses idées ou ses
hes dans la science qu'il cultivait spécialement, de
e la physiologie restait en sous-ordre et n'était consi-
ue comme une partie accessoire.
n fit assez d'expériences physiologiques pour mériter
le « père de la physiologie », comme Hippocrate a été
le « père de la médecine ». Mais cependant c'était sur-
avant tout un médecin, qui cherchait dans ses expé-
physiologiques la base ou la justification de théories
médicales ; à cette époque on ne faisait encore que des systèmes de médecine, qui, en se succédant les uns aux autres, ont longtemps dominé la science.

Parmi les médecins, il en est un, beaucoup plus tard, au XVIIe siècle, qui mérite une mention spéciale parce qu'il semble avoir compris dans toute son étendue ce que devait être l'expérimentation physiologique dans ses applications à la médecine. C'est Regnier de Graaf.

En tête de son *Tractatus anatomico-medicus de succi pancreatici natura et usu*, imprimé en 1671 et traduit en français, on trouve un fontispice représentant le laboratoire du physiologiste. Au milieu figure une table où repose un cadavre que dissèque le savant entouré de ses élèves, à peu près comme dans le tableau célèbre connu sous le nom de *la Leçon d'anatomie ;* au pied de la table on voit divers animaux préparés pour des expériences de vivisection, des poissons, des poulets, un mouton, un chien auquel on a pratiqué des fistules pourvues de flacons pour recueillir la salive et le suc pancréatique, etc. Au fond sont suspendus divers instruments de chirurgie, de médecine ou de vivisection, et l'on aperçoit à droite un malade couché dans son lit, à côté de flacons remplis de médicaments.

Voilà bien le laboratoire de physiologie dans toute sa complexité, tel que nous le concevons aujourd'hui : l'étude anatomique des tissus, les expériences sur les animaux, l'observation clinique des malades et l'application à la thérapeutique des résultats obtenus. Le soin de placer là un malade est surtout fort remarquable ; il montre bien qu'il ne faut pas scinder la science de la vie, mettre d'un côté la physiologie et de l'autre la pathologie. On ne doit pas faire de la vivisection pour de la vivisection, surtout quand on se place au point de vue de la médecine expérimentale ; il faut d'abord observer les maladies pour déterminer leurs symptômes et découvrir leur siége, puis chercher les causes des lésions et vérifier par des vivisections les hypothèses qu'on a faites à ce sujet.

Je ne prétends certainement pas que le laboratoire de R. de Graaf fut disposé comme nous le montre le frontispice de son ouvrage, et je ne crois pas surtout qu'il y eut réellement des malades à côté de ce laboratoire ; mais, si ce laboratoire n'était pas une réalité, c'était au moins l'idée de R. de Graaf, le type qu'il concevait, la manière dont il croyait que son laboratoire aurait dû être ; et cette seule conception était déjà beaucoup à l'époque où vivait R. de Graaf.

Il suffit du reste de regarder le frontispice que nous venons de décrire pour voir qu'on est en présence d'un dessin de fantaisie : le tapis à franges qui recouvre la table où est placé le cadavre, le lustre qui éclaire la salle, les lambris richement sculptés qui l'ornent de toutes parts, aucun de ces détails ne cadrerait avec l'organisation nécessairement plus modeste et plus pratique d'un laboratoire réel. Les expériences elles-mêmes ne pourraient pas s'exécuter telles qu'on les voit figurées. Ainsi, à en croire le dessin du frontispice et les autres gravures de son ouvrage, pour recueillir la salive du chien, R. de Graaf aurait tout simplement introduit le col d'un flacon dans le conduit excréteur d'une glande salivaire, et l'on sait que les plus volumineux de ces conduits sont encore beaucoup trop étroits pour permettre une semblable opération sur le chien.

Il ne faut pas s'étonner de ces libertés de dessin. Les anciens anatomistes donnaient le plus souvent des représentations subjectives ou idéales bien plutôt que des copies

réelles de la nature. On trouve, par exemple, dans de vieux traités d'anatomie, beaucoup de figures des plus étranges. On y a voyait souvent, par exemple, un écorché présentant sa peau de la main gauche, tandis que la main droite brandissait le couteau qui avait servi à la découper. D'autres fois c'était un homme qui s'ouvrait tout vivant, indiquant sur lui-même des démonstrations anatomiques, tirant son muscle soléaire en faisant force grimaces pour exprimer la douleur que feraient éprouver de pareils mouvements s'ils étaient réels, etc. Les muscles, les nerfs, les glandes, étaient le plus souvent des figures de convention qui ne représentaient point du tout l'aspect véritable de la nature réelle. On dessinait ce qu'on avait dans l'esprit, sans songer le moins du monde à se modeler sur les choses mêmes pour en reproduire fidèlement toutes les apparences et tous les détails.

Aujourd'hui, personne ne s'aviserait plus jamais de prendre de pareilles libertés. On a compris qu'il fallait avant tout copier la nature, et non représenter les idées qu'on se fait des choses.

Pendant longtemps, avons-nous dit, la physiologie n'eut pas de *chez soi*, et fut dispersée chez les médecins, les anatomistes, les zoologistes, mais toujours en lui imposant des conditions étrangères qui la gênèrent dans son développement : elle ne jouissait d'aucune indépendance et n'avait même pas d'existence distincte. Aujourd'hui elle est devenue une science autonome, et elle s'est rapidement constituée d'une manière assez solide pour n'avoir plus à craindre de perdre son autonomie ou de voir dégénérer son état scientifique.

Aujourd'hui la physiologie doit avoir à peu près, vis-à-vis de l'anatomie et de la zoologie, la même position que la chimie et la physique à l'égard de la minéralogie ; elle étudie le fonctionnement des tissus que l'anatomie a décrits, comme la chimie examine les réactions des corps observés et classés par la minéralogie. Aussi a-t-elle droit, au même titre que la chimie ou la physique, à un enseignement distinct.

Autrefois l'anatomie et la physiologie étaient généralement réunies entre les mains du même professeur. En Allemagne, ce cumul regrettable a disparu partout : il y avait encore l'année dernière deux cours embrassant à la fois l'anatomie et la physiologie ; mais ils ont été récemment divisés, et il n'y en a plus aujourd'hui. En France, dans beaucoup de chaires encore, la physiologie est enchaînée à l'anatomie ; mais on s'occupe aussi de changer cet état de choses (1) extrêmement funeste pour la physiologie, car, dans cette union forcée de deux sciences, c'est toujours elle qui est la plus sacrifiée. Le professeur chargé à la fois de l'anatomie et de la physiologie enseigne surtout l'anatomie, et, dans presque tous les cas, il fait seulement suivre ses descriptions anatomiques de quelques considérations physiologiques sur les organes dont il vient d'exposer la structure.

Comme complément et conséquence d'un enseignement distinct, la physiologie doit aussi avoir des laboratoires spéciaux qui lui appartiennent à elle seule et où elle puisse se développer largement et librement. Cette seconde nécessité n'a pas été moins bien comprise en Allemagne, en Hollande, en Russie, que la première ; on y a établi partout, à côté des chaires de physiologie, des laboratoires tous convenablement installés et pourvus des moyens d'étude nécess[...] quoique de richesse et de dimensions inégales. Il serait [...] être utile de les décrire au moment où la France va [...] d'une manière décisive dans la même voie ; mais cela entraînerait trop loin. Nous signalerons seulement les grands laboratoires que l'on construit en ce moment à Ar[...]dam pour M. W. Kühne, et à Leipsick pour M. Ludwig. [...] les plus récents, ils sont naturellement au nombre de[...] perfectionnés, puisqu'ils peuvent profiter de l'expérien[...] laboratoires antérieurs. Le laboratoire de M. W. Kühn[...] terminé à la fin de l'été ; celui de M. Ludwig est achevé [...] commencer à fonctionner.

Ce dernier laboratoire, par son étendue, son aménage[...] la disposition des divers services, le nombre et la perf[...] des instruments, est un véritable institut physiologiqu[...] dèle. Il se compose de trois corps de bâtiments dispos[...] sur l'autre à angles droits, de manière à former trois de[...] d'un carré dont le quatrième côté reste vide, et à limite[...] entre eux une vaste cour.

Dans les caves se trouve une grande machine à vape[...] servira à une foule d'usages variés, distribuera de la [...] dans les différentes salles d'expériences, permettra de [...] quer commodément la ventilation des salles de vivisect[...] des lieux où sont renfermés les animaux, etc. On y a placé les ateliers d'un mécanicien et de deux autres ouvriers s[...] lement attachés à l'institut physiologique pour construi[...] réparer tous les instruments nécessaires, et travailler, s[...] indications et sous la direction des physiologistes, afin d[...] liser les appareils nouveaux qu'ils imagineraient. Des [...] destinées aux vivisections ou aux autopsies qui répande[...] odeurs désagréables, enfin des chenils et des étables po[...] animaux destinés aux expériences, chiens, lapins, et[...] trouvent également au rez-de-chaussée. Les lapins sero[...] vés dans l'institut même.

Dans la cour on a construit des écuries pour les chev[...] des salles de vivisection spécialement destinées aux g[...] animaux sur lesquels on ne peut évidemment pas opére[...] les mêmes conditions que sur les animaux de petite taill[...] trouve également dans la cour un aquarium pour les poi[...] un autre pour les grenouilles, etc.

Au premier étage, les salles du bâtiment central sont [...] vées à ce qu'on pourrait appeler la physiologie opératoir[...] prement dite. Il y a d'abord une grande salle pour les vi[...] tions, une salle particulière pour les recherches person[...] du professeur Ludwig, puis un certain nombre de salles [...] des expériences d'un ordre spécial, telles que les reche[...] d'électro-physiologie, les expériences d'optique, etc. Ch[...] de ces dernières salles est pourvue de tous les instru[...] utiles au genre spécial de recherches auquel elle est [...] née, de telle sorte que l'opérateur les trouve toujours [...] sous sa main, prêts à fonctionner, et dans toutes les cond[...] convenables pour leur jeu régulier.

Des deux bâtiments latéraux, — toujours au premier [...] — l'un est consacré aux recherches microscopiques, l'[...] aux travaux chimiques. Chacun de ces ordres d'étude [...] placé sous la direction spéciale d'un des deux professeu[...] sistants, adjoints à M. Ludwig. Dans le bâtiment des tr[...] chimiques comme dans celui des recherches microscopi[...] il y a aussi des salles particulières pour les professeurs et [...] certaines expériences spéciales, comme les analyses de ga[...] exemple.

(1) Dans son récent rapport sur l'enseignement supérieur, le ministre de l'Instruction publique constate la nécessité d'ériger dans les écoles de médecine de province des chaires distinctes pour la physiologie.

cond étage contient les appartements privés de M. Lud- s logements des mécaniciens et des personnes de ser- achées à l'institut physiologique, etc.

ilieu le la cour s'élève un grand amphithéâtre, éclairé haut, et où se feront les cours de M. Ludwig et de ses ssistants. Cet amphithéâtre communique directement s couloirs avec chacun des trois corps de bâtiments que nons de décrire ; les instruments, les préparations mi- piques, les sujets expérimentés, y arrivent par de pe- emins de fer, et peuvent passer successivement sous les e chacun des auditeurs.

est ce grand laboratoire qui réalise toutes les conditions lement nécessaires aux progrès de la physiologie.

à donc la physiologie complétement émancipée sous s rapports : au point de vue intellectuel, elle a fait re- ître son point de vue spécial, indépendant de celui des sciences, et qu'elle peut développer librement; au point matériel, elle a conquis un domicile propre et les s d'action nécessaires.

ment procédera-t-elle pour expliquer les phénomènes étudie? Elle constate d'abord les phénomènes de la r l'observation simple, et par la vivisection, qui pénètre intérieur de l'organisme. Ensuite elle doit expliquer ces mènes, et elle utilisera dans ce but les éléments les plus , elle se servira de toutes les sciences, tantôt l'anatomie istologie, tantôt la physique ou la chimie.

ut par conséquent, dans un laboratoire physiologique, ces trois points de vue, ces trois bases indispensables cience de la vie : la vivisection, la physico-chimie, l'his- e. Le plus souvent chaque recherche en particulier la combinaison de ces trois ordres distincts de connais- s. Ainsi, quand on veut étudier par exemple la digestion, t d'abord savoir comment on pénètre dans le canal diges- un animal vivant pour observer ce qui s'y passe et en re- *les liquides* digestifs qui doivent être l'objet des expé- es; puis il faut opérer des digestions artificielles avec uides, et examiner les phénomènes chimiques qui se isent ; enfin il est nécessaire d'observer au microscope odifications intimes des aliments et des tissus qui accom- nt l'exercice de cette grande fonction.

aboratoire de M. Ludwig est donc parfaitement organisé, u'il satisfait à cette triple exigence : aussi est-ce le même de vue et un plan analogue que je chercherai à appli- dans l'institut physiologique qu'on va établir auprès de haire de physiologie générale au Muséum d'histoire na- le. Le cours que je fais ici, au Collége de France, est une de préparation aux études pratiques de cet institut, en dant qu'elles aient pu commencer. Mais il ne faut pas ler qu'on ne fait pas de savants dans les cours, on n'en ue dans les laboratoires.

s progrès de la physiologie sont donc intimement liés aux rès des laboratoires dans lesquels seront réunies les trois es que nous indiquions tout à l'heure comme en formant léments essentiels. Le perfectionnement de l'art des vivi- ons est surtout très-important, parce que c'est aujour- i en physiologie le moyen de recherches le plus indispen- et le plus universel. Malheureusement les vivisections souvent très-difficiles, et l'on ne peut y réussir sans une de habileté et une bonne méthode. Aussi avons-nous l'in- ion de nous en occuper d'une manière toute spéciale.

aintenant que la physiologie est tout à fait installée chez elle, à l'étranger, et qu'elle va l'être également en France, bientôt je l'espère, nous devons examiner quels sont pratique- ment la méthode et les moyens qu'elle doit employer pour se perfectionner, et les procédés expérimentaux auxquels elle a recours.

La première chose à faire, c'est d'abord, avons-nous dit, d'observer aussi exactement que possible sur le vivant les phénomènes qu'on veut étudier. Il faut faire l'anatomie sur le vivant, c'est-à-dire la vivisection, pour voir les organes fonc- tionner pendant la vie même, et non plus seulement lorsque la mort les a réduits au repos où on les a attirés. Enfin, après avoir tiré de l'anatomie cadavérique tout ce qu'elle peut donner, il faut entreprendre sur le vivant des expériences qui permettent de saisir les phénomènes eux-mêmes.

La première question qui se présente quand on veut com- mencer des expériences relatives aux fonctions des êtres vi- vants, c'est le choix des animaux sur lesquels on fera ces expériences. Certaines personnes ont soutenu que, pour ob- tenir des résultats qui fussent applicables à l'homme, — et n'oublions pas que c'est là notre but principal, — il fallait absolument opérer sur l'homme lui-même. Aujourd'hui en- core, lorsqu'on parle à bien des médecins d'expériences sur des grenouilles, ils répondent sans hésiter que cela peut être intéressant au point de vue de la grenouille, mais que c'est absolument sans valeur pour la physiologie de l'homme. Comme l'expérimentation sur les animaux est le fondement même de toute la science biologique actuelle, physiologie normale ou médecine expérimentale, il ne faut pas laisser subsister le moindre doute sur la solidité de ce fondement, et il est indispensable d'examiner brièvement la question.

Celse avait déjà soulevé cette difficulté; il s'était demandé s'il fallait faire des expériences sur l'homme, et même, d'une manière générale, s'il fallait faire des expériences sur le vi- vant. L'idée d'expérimenter sur l'homme lui-même inspirait alors moins de répugnance qu'elle n'en soulèverait aujour- d'hui, parce qu'il y avait à cette époque des esclaves, qui étaient bien des hommes comme les autres au point de vue physique, mais qui n'étaient pas traités tout à fait de même au point de vue légal, et dont les souffrances n'inspiraient ni les mêmes sentiments, ni les mêmes scrupules, par suite de l'habitude où l'on était de s'en servir librement comme d'un animal domestique (1).

Aussi fit-on quelquefois des expériences sur des esclaves dans l'antiquité, et Celse lui-même rappelle qu'Erasistrate, le petit-fils d'Aristote, en avait exécuté plusieurs. Dans les opé- rations chirurgicales, et dans les cas de blessures profondes, le médecin ne se faisait pas non plus scrupule de prolonger les souffrances du malade, pour faire à ses élèves quelques démonstrations d'anatomie humaine d'autant plus utiles à leur instruction, qu'on ne disséquait pas alors de cadavres humains et qu'on n'étudiait l'anatomie que sur les singes.

Quoi qu'il en soit, il est très-remarquable que Celse ait

(1) C'est ainsi, par exemple, — sans parler du droit de vie et de mort qui ne disparut qu'assez tard, ni des cruels châtiments corporels qui restèrent toujours en usage, — qu'on torturait tous les esclaves lorsque le maître était accusé d'un crime, et que bien souvent un ci- toyen, pour purger les soupçons qu'on répandait contre lui, offrait spontanément ses esclaves à la torture. On s'en servait donc comme d'une matière inerte pour résoudre une question légale ; n'était-il pas aussi naturel de s'en servir de la même manière pour résoudre une question scientifique ?

pensé à se poser cette question ; mais il la résout d'une manière inattendue, en déclarant qu'il ne faut faire aucune espèce d'expérience sur les êtres vivants, ni sur l'homme ni sur les animaux. Ce ne sont pas du reste des raisons de sentiment ou de morale qui lui inspirent cette conviction ; il en donne un motif scientifique, c'est que la souffrance de l'être que l'on mutile peut altérer les phénomènes ordinaires de la vie et entraîner ainsi à de graves erreurs.

Sans doute la réponse de Celse est sérieuse ; l'expérimentation sur les êtres vivants est entourée de nombreuses difficultés ; mais c'est au physiologiste à savoir se conduire au milieu de ces difficultés, à débrouiller le chaos qui se présente à son observation, à distinguer ce qui est sûrement un phénomène normal de l'organisme, et ce qui pourrait être un produit artificiel de l'expérience elle-même. C'est une tâche difficile sans doute ; mais il faut bien l'accepter, puisqu'il n'y a pas moyen de rien apprendre autrement.

Quant aux expériences sur l'homme, nous venons de dire qu'on en avait essayé quelquefois dans l'antiquité. On en a fait aussi au moyen âge et même au commencement des temps modernes (1).

A des époques plus récentes, on a fait encore des expériences sur l'homme, mais des expériences innocentes ; ainsi on a fait avaler des œufs de vers intestinaux à des condamnés à mort, ou même à des phthisiques qui devaient certainement mourir de leur maladie au bout d'un temps très-court, afin d'étudier ensuite l'évolution de ces vers en faisant l'autopsie du patient. Bien des fois aussi on a fait des observations et des expériences de divers genres sur des suppliciés, peu de temps après la mort. Il est clair que tout cela ne peut avoir d'inconvénients. Mais aujourd'hui la morale condamnerait avec raison, d'une façon absolue, toute expérience sur l'homme, qui pourrait nuire au patient ou qui n'aurait pas pour but son utilité directe et immédiate.

Puisque nous ne devons pas opérer sur l'homme, c'est donc sur les animaux qu'il faut expérimenter. Mais ici même on a voulu arrêter encore la physiologie au nom du sentiment. La question des vivisections a passionné autrefois bien des gens, et donné lieu quelquefois aux idées les plus inexactes. Il n'y a pas encore un bien grand nombre d'années que les physiologistes expérimentateurs passaient pour des hommes à part dont on ne comprenait pas les sentiments et qu'on aurait presque redoutés. Je me souviens qu'ici même, du temps de Magendie, les expériences physiologiques étaient vues du plus mauvais œil.

Il est certain que la vivisection a soulevé et soulève encore beaucoup de préjugés sans fondements sérieux, parce qu'on ne se rend pas assez compte de ses motifs, de son but, de ses résultats et des conditions dans lesquelles elle s'exerce. On oublie trop d'abord que chaque science, chaque ordre de choses a son point de vue distinct, lequel n'est pas toujours parfaitement d'accord avec d'autres points de vue spéciaux. Est-ce à dire qu'il faudra, dans un ordre de choses donné, sacrifier le point de vue qui leur est propre à un point de vue qui leur est étranger? Non assurément, car il n'y aurait plus rien alors qui pourrait se développer suivant ses lois (1).

Or, même en se plaçant au point de vue du sentiment, quel avantage trouverait-on à supprimer la physiologie ? N'oublions pas qu'elle est la base, le principe de la médecine expérimentale. Au prix de quelques souffrances imposées aujourd'hui aux animaux, elle permettra de pénétrer dans le mécanisme des maladies, de les guérir ou de les soulager, et elle évitera ainsi plus tard une bien plus grande somme de douleurs que celle qu'elle aura produite. C'est comme une opération chirurgicale, souvent douloureuse, mais qu'on supporte cependant volontiers pour ne plus souffrir ensuite.

D'ailleurs, le physiologiste ne fait guère que profiter pour ses expériences d'une situation qu'il n'a point créée et qui n'en existerait pas moins sans lui. Dans une grande ville comme Paris, il y a une foule d'animaux qu'il est indispensable d'abattre pour satisfaire aux exigences de l'hygiène publique et même pour rendre possible la continuation de la vie sociale. On a calculé que si l'on interrompait pendant un mois seulement ces sacrifices quotidiens, nous serions envahis et bientôt presque dévorés par ces êtres qui pulluleraient autour de nous. C'est donc en quelque sorte une véritable lutte pour l'existence. Eh bien, le physiologiste ne fait que sacrifier dans ses expériences une très-petite partie des animaux dont il est indispensable de débarrasser la ville, et qu'il faudrait tuer de toutes façons d'une manière ou d'une autre. Ainsi les chiens de la fourrière, que nous utilisons pour nos recherches, seraient pendus le jour même.

Enfin les nécessités de notre alimentation n'obligent-elles pas à sacrifier tous les jours d'immenses quantités d'animaux que nous élevons même tout exprès pour cela ? A côté de ces hécatombes, qu'est-ce que le nombre imperceptible de victimes que la physiologie est obligée de faire, dans un but utile, non moins nécessaire? Et cependant, serait-il possible que nous renoncions à tuer les animaux pour nous en nourrir? qui songerait à le proposer !

Quant à la douleur qui peut accompagner la mort dans les expériences physiologiques, on l'exagère beaucoup ; elle est souvent moindre que celle que les animaux subiraient en périssant d'une autre manière, ou dans les services que nous leur imposons. D'ailleurs, l'emploi des anesthésiques, dont nous nous occuperons bientôt, permet de la faire disparaître presque entièrement.

Nous pouvons donc expérimenter sans scrupules, sinon sur l'homme, du moins sur les animaux. Mais obtiendrons-nous ainsi des résultats qu'il soit permis d'appliquer à la médecine expérimentale, ce qui est toujours notre but ?

Il y a sans doute des expériences qu'on ne saurait faire utilement pour l'homme sur les animaux.

Il est bien certain que pour les questions d'application im-

(1) Par exemple, lorsque Henri II eut reçu dans un tournoi, de son capitaine des gardes Montgommery, le coup de lance dans l'œil qui le fit mourir en quelques heures, ses médecins prirent quatre accusés de crimes capitaux qu'ils soumirent à la même blessure, afin de pouvoir l'étudier à leur aise.

(1) Dans une de ses campagnes, le duc de Bourgogne, fils du grand Dauphin, écrivit à Fénelon pour lui demander s'il pouvait faire camper son armée à côté d'un monastère de femmes, malgré les inconvénients d'un tel voisinage au point de vue de la morale, en ajoutant que le choix de ce campement était du plus grand intérêt pour le succès de ses opérations militaires. « Brûlez, s'il le faut, le monastère, lui répondit Fénelon, et gagnez la bataille. » Fénelon n'était pourtant à coup sûr ni un moraliste relâché, ni un esprit antichrétien, ni un caractère violent ; mais il comprenait que chaque chose a ses nécessités propres, ses lois particulières, auxquelles il faut d'abord obéir quand on la fait, sous peine de la stériliser complétement et de tout perdre. La physiologie a ses exigences indispensables : il faut s'y soumettre ou renoncer à la voir progresser.

ate à la pratique médicale, les expériences faites sur me sont toujours plus concluantes (1). Mais quand on met ement en jeu les propriétés générales de la matière vi-, ces propriétés doivent se retrouver partout, aussi bien l'homme que chez les animaux, sauf à voir s'il n'y a pas que particularité spécifique qui ait pu modifier la mani-ion des phénomènes généraux.

is il ne suffit pas de dire que nous expérimenterons sur des aux, il faut encore examiner quels sont ceux qu'il con-de choisir.

ien opérait sur des porcs ou sur des singes, et il en e pour raison que ces animaux sont ceux qui se rappro-le plus de l'homme; mais il paraît qu'il ne faisait pas ériences sur des singes en public, parce que la vue de ces aux, leurs grimaces pendant les opérations et la manière ils expriment leurs souffrances, produisaient une impres-énible sur l'assistance. J'ai moi-même expérimenté, une fois, sur un singe, et j'ai éprouvé aussi une émotion dés-ble. Ces animaux vous prennent les mains, ils gémis-leur visage se contracte de mille manières en exprimant uleur, en un mot, ils ressemblent trop à l'homme, et les iences qu'on voit faire sur eux sont par conséquent un cle trop émouvant et trop pénible. Il est vrai qu'autre-n ne connaissait pas l'emploi du chloroforme qui dimi-it beaucoup ces inconvénients.

ourd'hui, on expérimente surtout sur les animaux do-ques, particulièrement les chiens et les lapins, parce les a pour ainsi dire sous la main. Il ne faut pas en e créer des embarras inutiles, et l'on ne gagnerait rien à venir un lion pour ses expériences, car il ne vaudrait pas qu'un chien, et il serait de plus beaucoup moins com-à manier.

tre les animaux domestiques, il en est un qu'on emploie ainsi dire journellement, celui que l'on qualifie de souf-uleurs des physiologistes et qui a rendu les plus grands es à la science, c'est la grenouille. Cet animal est pour dire le réactif physiologique ordinaire. On a dit qu'il lacé trop loin de nous dans l'échelle zoologique pour sujet d'expériences dont on ait le droit d'appliquer les ats à la physiologie de l'homme ; c'est là une erreur lète.

s doute si l'on expérimentait toujours sur le même ani-on ne pourrait pas construire l'édifice physiologique sans de doute sur la solidité de sa base, parce qu'on ne serait rtain de n'avoir pas pris pour un phénomène général ce serait qu'une particularité propre à l'espèce, mais ce n'est point ainsi que l'on a fait. Si le plus souvent on a com-mencé par expérimenter sur la grenouille, on a expéri-menté aussi sur d'autres animaux, et l'on a vérifié chez eux les phénomènes observés d'abord chez la grenouille. En comparant divers animaux entre eux, on peut ainsi se con-vaincre qu'on n'a point affaire à des phénomènes particuliers à telle ou telle espèce, et l'on n'a plus dès lors de raison pour soutenir qu'ils ne se retrouvent pas également chez l'homme. Nous pouvons répéter, au point de vue physiologique, ce que Buffon disait d'une manière philosophique : s'il n'y avait pas d'animaux, l'homme serait encore plus incompréhensible.

Si l'on expérimente si souvent avec des grenouilles, ce n'est point par un choix arbitraire. Le motif de cette prédilection des physiologistes, c'est que, de tous les animaux à sang froid, la grenouille est celui qu'il nous est le plus facile de nous pro-curer en grande quantité et à peu de frais. Or, les animaux à sang froid présentent, pour les expériences physiologiques, des avantages considérables : chez eux les phénomènes vitaux sont beaucoup plus lents, ce qui les rend plus facilement observables, et ils persistent à se produire longtemps encore après l'ouverture du corps et la séparation des organes. Ainsi un cœur de grenouille continue à battre, quoique l'on ait ouvert le thorax, et ses tissus conservent longtemps leurs pro-priétés vitales, ce qui permet de les étudier facilement. De plus, cet animal résiste sans peine à des opérations considé-rables ou à des ligatures qui seraient tout à fait impossibles sur d'autres animaux.

Chez les animaux à sang chaud, et par conséquent chez l'homme, il serait loin d'en être de même. Les propriétés vi-tales des tissus disparaissent très-vite quand on a détruit la vie de l'ensemble : si l'on ouvrait la poitrine on tuerait immé-diatement l'animal et le cœur cesserait de battre, etc. Mais cela veut-il dire que les choses se passent autrement chez l'homme et chez les animaux à sang chaud ? Non, assurément. La persistance des propriétés vitales qu'on observe chez les animaux à sang froid, tient simplement à des conditions par-ticulières qu'on peut reproduire artificiellement chez les animaux à sang chaud.

Ainsi j'ai transformé le lapin en un véritable animal à sang froid, soit en le soumettant à une réfrigération énergique et continue très-longtemps prolongée, soit en coupant la pres-que totalité des nerfs respiratoires, de manière à ralentir énormément la respiration, et par suite, la circulation du sang et tous les phénomènes chimiques de l'organisme qui sont la source de la chaleur animale. Quand un lapin est placé dans cet état, il prend tous les caractères des animaux à sang froid ; la vitalité de ses tissus acquiert la même persis-tance et l'on peut répéter sur lui les expériences qu'on fait d'ordinaire sur la grenouille. Cependant c'est bien toujours un lapin, et, quand il a été simplement refroidi, on peut le faire retourner à son état normal en le replaçant dans les conditions ordinaires de température. On observe les mêmes phénomènes chez la marmotte dont les tissus, pendant l'hi-bernation, présentent tous les caractères de ceux des animaux à sang froid, tandis que pendant le réveil ils présentent les caractères ordinaires des tissus des animaux à sang chaud.

On voit donc que les animaux à sang froid ne diffèrent pas en réalité des animaux à sang chaud par la nature des pro-priétés de leurs tissus, et que nous pouvons sans crainte pro-fiter des facilités qu'ils offrent à l'expérimentation tout en conservant le droit d'attribuer aux résultats de nos expériences

On raconte que des rois de Perse livraient des condamnés à mort édecins, afin qu'ils fissent sur eux des vivisections utiles à la ine. Au dire de Galien, Attale III, Philométor, qui régnait ame, 137 ans avant J.-C., expérimentait les poisons et les con-sons sur des criminels condamnés à mort. Celse rappelle les vivi-s d'Hérophile et d'Erasistrate pratiquées sur des criminels, avec entement des Ptolémées. Il n'est pas cruel, dit-il, d'imposer des es à quelques coupables, supplices qui doivent profiter à une ude d'innocents pendant le cours de tous les siècles. Le grand-duc cane fit remettre à Fallope, professeur d'anatomie à Pise, un cri-avec permission qu'il le fît mourir et qu'il le disséquât à son gré. damné ayant une fièvre quarte, Fallope voulut expérimenter l'in-des effets de l'opium sur les paroxysmes. Il administra deux gros n pendant l'intermission ; la mort survint à la deuxième expéri-ion. De semblables exemples se sont présentés plusieurs fois, et nnaît l'histoire de l'archer de Meudon qui reçut sa grâce parce pratiqua sur lui la néphrotomie avec succès.

la généralité qui leur appartient légitimement. Nous savons maintenant que nous pourrions transformer des animaux à sang chaud en animaux à sang froid. Cela suffit pour justifier nos conclusions. Mais qu'avons-nous besoin de perdre notre temps à préparer à grand'peine des animaux à sang froid artificiels pour chaque expérience, alors que la nature nous en offre de tout prêts qu'il est bien plus simple d'employer?

Outre les divers animaux dont nous venons de parler, le physiologiste en emploie d'autres encore, par exemple des oiseaux, des pigeons, des poulets, des moineaux, etc., quelquefois des insectes, plus souvent des chevaux, des bœufs ou des moutons. En un mot, tous les animaux sont bons en principe pour les expériences, et la seule raison de prendre l'un plutôt que l'autre n'est souvent que la facilité plus grande avec laquelle on se le procure, ou le prix moins élevé qu'il coûte. Cependant il est fort utile d'avoir à sa disposition des animaux de divers genres, et aussi variés que possible; on choisit alors les animaux dont les dispositions anatomiques sont les plus convenables au point de vue de chaque expérience, ce qui permet souvent d'écarter bien des embarras.

Ainsi, de simples différences de volume ou des détails de structure de certains organes suffisent quelquefois pour rendre faciles des expériences qui seraient presque inexécutables dans d'autres conditions. Par exemple, pour des expériences sur la glande salivaire sous-maxillaire, il fallait nécessairement un animal comme le chien, où cette glande se trouve placée dans une situation assez superficielle de manière à être atteinte aisément sans grande mutilation, et soit en même temps assez volumineuse pour qu'on puisse facilement agir sur ses nerfs, ses vaisseaux, ses conduits, etc.

Dans certains cas, il est des dispositions anatomiques qui éclairent par elles-mêmes une question ou rendent possible une expérience qui ne l'aurait pas été sans cela. Ainsi, chez la plupart des animaux, le canal cholédoque amenant la bile et le canal pancréatique amenant la sécrétion du pancréas débouchent ensemble ou à peu près au même endroit dans le duodénum. Mais chez le lapin, l'ouverture du canal pancréatique est placée beaucoup plus bas que celle du canal cholédoque, et l'on peut très-bien voir sur les aliments l'action séparée des deux fluides. Pour mes expériences sur les propriétés vasomotrices du grand lymphatique, j'avais besoin d'animaux qui présentassent dans quelque point du corps les nerfs sympathiques isolés des autres nerfs. Le lapin et le cheval me servirent à ces expériences, parce qu'au cou le filet sympathique est séparé du pneumogastrique. Chez le chien, les deux nerfs sont intimement unis, et sur cet animal l'expérience eût été impossible.

Les animaux une fois choisis, il faut s'en rendre maître pendant la durée de l'expérience, empêcher leurs mouvements, les maintenir dans une position telle qu'ils ne puissent pas blesser l'opérateur et se prêtent aux opérations nécessaires. C'est ce qu'on obtient par des moyens de contention. Ces moyens diffèrent évidemment beaucoup d'un animal à un autre. Mais nous n'aurons pas besoin d'entrer dans de grands détails à leur sujet, car on devine assez facilement d'après leur but ce qu'ils peuvent être, et c'est la pratique qui peut seule les bien faire connaître.

Pour les grands animaux, les chevaux ou les bœufs, on emploie des appareils analogues, sinon identiques, à ceux des maréchaux ferrants et des vétérinaires.

Pour les petits animaux et pour les grenouilles, les moyens de contention sont le plus souvent inutiles; il suffit de veiller à ce que les grenouilles ne s'échappent pas trop loin. On peut aussi les attacher avec des épingles sur une plaque de liége. Valentin les enferme dans une sorte de boîte percée de trous par lesquels il fait sortir le membre ou la partie du corps sur laquelle il veut opérer.

Le plus grand nombre des expériences se font sur des animaux de moyenne taille, chiens, lapins, cobayes, etc. Magendie les plaçait simplement sur une table percée de trous et dans ces trous il faisait passer des cordes avec lesquelles il liait l'animal, de manière à l'immobiliser en donnant à chacun de ses membres la position convenable pour l'expérience.

J'ai perfectionné ce dispositif en coupant la table de Magendie en quatre bandes longitudinales ou planches, réunies par des charnières autour desquelles elles se meuvent de manière à prendre diverses positions les unes par rapport aux autres, à peu près comme les diverses parties d'un paravent. Si on les étale, elles reconstituent la table plate de Magendie; si on les rapproche comme si l'on voulait les replier l'une sur l'autre, on forme une sorte de gouttière à section transversale triangulaire et qu'on maintient plus ou moins ouverte en la fixant au moyen de bâtons qu'on passe transversalement dans les trous qui criblent tout l'appareil. On place l'animal dans cette gouttière en l'attachant avec des cordes, en étendant ses membres quand c'est utile, etc. Si l'on retourne l'appareil, on a deux gouttières du même genre dans chacune desquelles on peut placer un animal, ce qui est très-commode pour suivre une expérience comparative. Entre ces deux gouttières se trouve une éminence sur laquelle on peut aussi fixer l'animal en étendant ses membres dans la cavité des gouttières.

Vous voyez que cet appareil contentif se prête à une foule de combinaisons diverses; il est très-convenable pour tous les animaux de moyenne taille, tels que les chiens, les chèvres, les lapins et même les moutons.

Pendant les vivisections les animaux poussent souvent des cris qui gênent l'opérateur et peuvent exciter les plaintes du voisinage. Déjà dans l'antiquité on avait eu l'idée d'ouvrir la trachée pour éviter cet inconvénient d'une manière radicale. Dans le frontispice et dans plusieurs gravures de l'ouvrage de R. de Graaf dont nous avons parlé tout à l'heure, on voit des chiens opérés de cette manière et très-probablement dans le même but. Plus récemment, Dupuytren a eu recours à un moyen plus physiologique et non moins efficace pour rendre tout cri impossible, c'est de couper le nerf laryngé.

Il n'est plus nécessaire aujourd'hui de couper le nerf laryngé ni d'ouvrir la trachée pour empêcher les animaux de crier; nous avons maintenant un moyen plus simple et plus puissant, l'emploi des anesthésiques, qui présente en outre l'avantage de supprimer la douleur et de mettre les animaux dans un état d'immobilité que nous ne pourrions jamais obtenir par aucun moyen mécanique. Ce sont des moyens contentifs physiologiques, et, comme ils ont une grande importance à tous les points de vue, nous consacrerons un certain nombre de leçons à leur étude.

ÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
de l'Institut

XXXV

l'espèce humaine — Réponse aux objections olygénistes : Arguments zoologiques

historique par lequel j'ai terminé ma dernière le-
our but, vous ai-je dit, d'expliquer certaines asser-
polygénistes, et de répondre en particulier aux
u scientifiques dont le monogénisme a été l'objet
t.

dent, par exemple, que, pour un certain nombre
, ne pas croire à l'unité de l'espèce humaine, est
n de libre philosophie et d'émancipation intellec-
mment discuter avec des adversaires convaincus
dre à vos raisons, serait abaisser et enchaîner son
. Aussi ne m'adresserai-je pas à eux, et ne répon-
surtout à leurs plaisanteries plus ou moins spiri-
urs sarcasmes plus ou moins mordants.

ne borner à réfuter une assertion constamment
bien qu'elle ait été cent fois démentie et qu'il soit
montrer le peu de fondement.

z certainement lu ou entendu des phrases telles
ci : « Tous les monogénistes s'appuient sur la tra-
ique. Ils placent leur doctrine, ou plutôt leur
ous la tutelle d'une autorité qu'il n'est pas possible
... »

certains monogénistes ont, il est vrai, manifesté
écrits, d'une manière plus ou moins explicite, cette
lont on veut rendre l'école entière responsable. Ils
; car un homme de science, examinant une ques-
nce, ne doit invoquer que des arguments scienti-
s le juste reproche qui leur est adressé peut se
ontre certains représentants du polygénisme.

polygénistes aussi ont cherché des arguments
le interprétée à leur manière. Pour ne citer que
déjà morts, je vous renvoie à la Peyrère et à Bory
ncent, qui, dans son *Histoire de l'homme*, cherche
t à se mettre le plus possible d'accord avec la Bible
a comprend.

it d'invoquer une pareille autorité dans un sens
tre, pour déserter le terrain des sciences natu-
ur empiéter sur le domaine de l'exégèse et de la

e côté, il s'en faut bien que tous les monogénistes
Bible à l'appui de leur doctrine. Ce ne sont pas
nts de ce genre qu'on trouve dans Buffon, dans
dans Müller, dans les deux Geoffroy, dans Lamarck
i est à juste titre regardé comme un des chefs de
libres penseurs. Cependant ces savants illustres ont
plus ou moins d'assurance, proclamé l'unité de
maine.

Parcourez Buffon, vous verrez que partout il se fonde, pour justifier cette conclusion, sur la fécondité des croisements entre tous les groupes d'hommes. Humboldt, dans le premier volume du *Cosmos*, parle aussi de l'unité d'origine des races humaines en s'appuyant sur des considérations morphologiques, et il insiste surtout sur ces nuances intermédiaires qui relient entre eux les types extrêmes par des séries dont les lacunes se comblent au fur et à mesure qu'on découvre de nouveaux types d'hommes. Müller, dans le tome II de son *Manuel de physiologie*, raisonne et conclut comme Buffon. On avait, je ne sais où, signalé Ét. Geoffroy* comme polygéniste, et nous voyons son fils protester avec une vivacité inusitée contre cette assertion dans le livre qu'il a consacré à la mémoire de son père.

Is. Geoffroy lui-même aurait, d'après M. Delvaille, conclu seulement à la probabilité d'une origine spécifique unique pour le genre humain, alors qu'il professait à la Sorbonne et au Muséum. Mais il avait fait bien des progrès depuis ce moment, et il se montre bien autrement affirmatif dans le programme qu'il a tracé du grand ouvrage que la mort l'a malheureusement empêché de terminer. A la suite de notions sur l'espèce et sur la race, on y trouve cet intitulé d'un chapitre : « Application à l'histoire des *races* humaines au point de vue de leur origine commune. » Il s'agit des hommes, et le terme de *races* est seul employé. C'est, en deux mots, faire une profession de foi.

Dans le tome Ier de sa *Philosophie zoologique*, Lamarck ne traite pas directement la question; cependant, lui, si indépendant et si large dans ses idées, a fait un tableau du règne animal dans lequel figure une espèce humaine unique qu'il place dans un genre constituant la famille des bimanes. Il a soin, d'ailleurs, de dire qu'il n'a considéré l'homme qu'au point de vue physique; puis, dans cette espèce, il distingue trois variétés.

A leur tour, ces hommes dont je viens de vous citer les noms illustres pourraient répondre à l'accusation que les polygénistes dirigent contre eux en retournant l'argument même de leurs adversaires. Ils pourraient dire : « Parce que nous croyons à l'unité de l'espèce humaine, vous nous traitez d'hommes à préjugés; mais c'est vous qui méritez ce reproche. Vous vous êtes fait une loi de n'être jamais d'accord avec la Bible; mais, en réalité, c'est elle qui vous dirige tout autant que les hommes de foi; seulement elle vous conduit en sens inverse, et c'est de la théologie retournée que vous faites. » On voit qu'en se plaçant sur ce triste terrain des récriminations réciproques, les monogénistes répondent bien aisément à leurs adversaires.

Si j'ai insisté sur cet ordre de considérations, c'est que maintes fois j'ai reçu moi-même comme première et seule réponse, je ne dirai pas cette objection, mais cette fin de non-recevoir, si bien faite pour couper court à toute discussion. Comme vous la trouverez reproduite partout, il était nécessaire d'établir que nous avons le droit de l'écarter d'une manière formelle. Il fallait en finir une fois pour toutes, car, à force de répéter l'assertion même la moins fondée, il est rare qu'on ne parvienne pas à lui donner un faux air de vérité.

Quant à moi, je crois avoir fait mes preuves, et je ne crois pas qu'un seul de mes auditeurs passés ou actuels puisse m'accuser d'avoir jamais quitté le terrain de la science et abandonné les principes que je n'ai pas manqué une occasion de défendre.

notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544,
92, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des
juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12, 26
, 10, 17 octobre 1868 ; — et le présent volume, pages 85,
9 et 23 janvier et 20 février 1869.

Je ne discuterai pas davantage avec les polygénistes qui, en désespoir de cause, mettent en avant des possibilités et des hypothèses. Que dire, en effet, à ceux qui vous tiennent ce langage : « Oui, les choses sont bien aujourd'hui ce que vous dites. Mais n'est-il pas possible que, dans l'origine, elles se soient passées autrement ? N'est-il pas possible qu'alors les espèces ne fussent pas fixées ? N'est-il pas possible que des croisements qui ne sont plus féconds aujourd'hui le fussent alors? Nos espèces actuelles n'auraient-elles pas débuté de cette manière ? »

Assurément, tout cela est possible; mais il est tout aussi possible que les choses se soient passées autrement, et il est encore plus possible que nous ne puissions deviner ce qui a été dans l'origine. Arguer des possibilités vagues sans pouvoir même parler de probabilités, ce n'est évidemment pas faire de la science sérieuse.

Celle-ci, en effet, exige le concours de l'expérience et de l'observation. Sa charge, dans la question qui nous occupe, est de déterminer ce que sont aujourd'hui l'espèce et la race, puis de faire de ces notions, fondées sur des faits positifs, une application logique à la détermination des rapports qui relient les groupes humains actuels. Il est bien entendu qu'en employant le mot *actuel*, j'y comprends l'ensemble des temps accessibles à l'expérience, ou tout au moins à l'observation.

Vous me rendrez également, je l'espère, cette justice que je n'ai pas fait appel à d'autres arguments.

Après avoir écarté dès l'abord ces fins de non-recevoir injustes, ces difficultés qui, au fond, n'en sont pas, entrons dans le détail des objections qui sont ou qui prétendent être fondées sur la science.

On peut les classer sous trois chefs, suivant qu'elles concernent la zoologie, les actions de milieu et l'hérédité. Quelques-unes ont un caractère mixte et se rattachent aux questions générales d'acclimatation, de migration, etc. Nous ne pouvons y répondre avant d'avoir traité ces questions elles-mêmes. Je me borne donc à réfuter celles qui s'appuient sur des considérations qui vous sont déjà familières.

Parmi les objections tirées de la zoologie, en voici une assurément des plus inattendues. Chaque espèce animale a, dit-on, ses parasites spéciaux. Or, le pou du nègre n'est pas de la même espèce que le pou du blanc; par conséquent, le nègre et le blanc appartiennent, eux aussi, à deux espèces distinctes. Ce raisonnement repose sur une double inexactitude. La première proposition est généralement vraie lorsqu'il s'agit des vers intestinaux. Mais elle est bien loin de s'appliquer avec la même rigueur aux parasites externes, sauf peut-être quelques acarides qui vivent sur certains oiseaux. Les animaux qu'on transporte d'un pays dans un autre ne tardent pas à être envahis par les parasites indigènes, et l'homme blanc n'échappe pas à cette triste invasion; les voyageurs ne le savent que trop.

Mais en admettant même que chaque espèce animale eût ses parasites d'espèce différente, est-il vrai que le pou du nègre et celui du blanc puissent être regardés comme deux formes spécifiques distinctes?

La question a été étudiée avec soin par Backman, naturaliste américain. Il a constaté que, chez le nègre, le pou est plus noir; c'est évidemment à cause de sa couleur plus foncée qu'on a prétendu en faire une espèce à part. Mais Backman s'est assuré en même temps que, chez le mulâtre, type intermédiaire entre le blanc et le noir, le pou présent coloration plus accusée que chez le premier, moins que chez le second. De ce parallélisme dans les variati couleur du parasite en question et des hommes aux d desquels il se nourrit, le naturaliste américain a tiré conclusion, que la coloration des poux venait du pi qu'ils absorbaient en même temps que le sang des nèg des mulâtres. Leur examen au microscope a d'ailleurs p qu'à cette différence de couleur près, ils se ressemblaie le façon la plus complète.

Enfin les poux blancs et noirs sont loin d'être cant exclusivement sur les individus de même couleur. Bac a constaté des migrations et des échanges fréquents ent dividus nègres et européens, particulièrement entre les rices esclaves et leurs nourrissons. Or, ses observatio porté sur les poux du pubis aussi bien que sur ceux de l Sa réponse à l'argument de certains polygénistes est aussi complète que possible.

Il est encore plus facile de répondre à une autre obj qui n'a pu être formulée que par des personnes étrang la zoologie. L'homme, a-t-on dit, forme évidemment un g Si ce genre n'avait qu'une espèce, il serait des plus exce nels, car tous les genres connus en comptent plus Même en supposant vraie cette proposition générale, v qu'on peut dire : Le nombre des espèces diminue da genres dont les types s'écartent davantage des caractère néraux de la famille. Or, quel type plus exceptionnel son ensemble que l'homme? A ce titre donc, rien n'es naturel que de voir le genre qu'il forme ne posséder q seule espèce. Mais ce qui ne serait pas surprenant ch hommes, quand bien même ils seraient seuls à pré cette particularité, a lieu, en réalité, dans plusieurs gr d'animaux. Il suffit en effet d'ouvrir un ouvrage d'hi naturelle pour se convaincre que, chez les oiseaux, les g autruche et messager, et, chez les mammifères, les g aye-aye, girafe et gorille, ne renferment qu'une seule e Voilà donc encore une objection dont il ne faut plus p bien qu'elle ait été reproduite assez récemment encore

Aux difficultés qui nous sont opposées au nom de la zoo il faut rattacher la plupart de celles qu'on fait naître de l tion de l'espèce. Mais ici je dois entrer dans quelques dé

On a voulu trouver un argument contre le monogé dans la multiplicité et la différence des définitions qu données de l'espèce. « Comment venez-vous nous parler pèce, a-t-on dit aux monogénistes, quand chacun de vou tend par là une chose différente? » Il est clair que les sonnes dont je reproduis le langage n'ont pas fait les é auxquelles nous nous sommes livrés ici; elles sauraient trement, que le plus souvent les termes seuls de ces d tions varient, mais qu'au fond de presque toutes se retro les mêmes idées de ressemblance et de filiation. Il est év que chaque naturaliste a cherché à rendre de la ma qui lui paraissait la plus claire les notions complexes q rattachent assurément à l'idée d'espèce. Dans certain des discussions théoriques se sont élevées en effet sur ques points spéciaux, mais sans toucher jamais à la d notion fondamentale qui est commune à tous les natura modernes. J'ai déjà mis en lumière leur unité de condui d'appréciation, surtout en présence des faits. Laisse vous citer cependant encore les paroles bien significa d'Is. Geoffroy à ce sujet :

le est l'espèce et telle est la race, non-seulement pour écoles entre lesquelles se partagent les naturalistes, ur toutes; car la gravité de leurs dissentiments sur e et les phases antérieures de l'existence des espèces mpêche pas de procéder toutes de même à la distinc- la détermination de l'espèce et de la race... Il n'y a e Cuvier à Lamarck lui-même, qu'une seule manière evoir l'espèce au point de vue taxinomique. »

lliez pas quel est l'homme qui s'exprime ainsi; c'est u savant qui avait pris une part active aux luttes ar- soulevées par ces questions. Is. Geoffroy s'y était d'ail- sez mêlé lui-même pour qu'on puisse lui reprocher trop souvent quelquefois. De plus, il a repris la n dans un ouvrage dont elle fait le fond. En un mot, s jugement fut fondé et mérita toute autorité en pa- atière, c'est sans contredit le sien. Entre son appré- si élevée et celle d'hommes assurément fort distingués, mplétement étrangers aux sciences naturelles, j'ose que vous n'hésiterez pas.

proche encore aux naturalistes monogénistes de dis- chaque instant pour savoir si tel individu ou tel en- d'êtres constitue une espèce, une race ou une variété, en conclut que l'espèce n'existe pas. Oui, sans doute, ralistes sont en désaccord au sujet de quelques es- outeuses. Il n'est pas surprenant non plus qu'ils par- ins de celles, en immense majorité, au sujet des- ils sont tous fixés. Ce silence même prouve bien un ondamental sur la signification qu'a pour eux le mot . Si les incertitudes sur des points d'histoire, de géo- , de physique ou de chimie, constituaient des objec- rieuses capables de porter atteinte à la valeur même ciences, quelle est celle qu'on pourrait citer comme es notions générales et fondamentales?

athématiques pures elles-mêmes renferment des ques- uteuses qu'on n'a jamais songé à ériger en objec- nérales. Or, l'anthropologie la plus récente, la plus e toutes les sciences, ne peut avoir la prétention de ites les difficultés qui se présentent à l'observateur.

un autre thème que nos adversaires développent or- nent sous forme de reproche, et que vous trouverez, , aussi singulier qu'il me le paraît à moi-même. On mauvais que les naturalistes, et en particulier les nistes, définissent l'espèce, et voici l'argumentation elle on se fonde pour justifier cette étrange théorie. sant reposer la notion fondamentale de l'espèce sur ibilité, ou du moins sur la difficulté extrême du croi- les naturalistes et les monogénistes choisissent arbi- ent un caractère unique qu'ils déclarent suffisant; réunissent tous les individus qui se présentent, et ar- insi à former les espèces. Mais, en fait, ce groupement ifie rien, puisqu'il repose sur un critérium établi , et, en agissant ainsi, les naturalistes et les mono- manquent aux premiers éléments de la méthode na- ils font un cercle vicieux, leur espèce n'est qu'un rtificiel.

ce qu'on nous reproche, c'est de n'avoir admis ractère pour distinguer l'espèce de la race, et surtout r pris arbitrairement; de cette manière, ajoute-t-on, ons bien sûrs d'être d'accord avec nous-mêmes. Il y a raisonnement deux erreurs tellement singulières, que mes étrangers aux sciences naturelles ont seuls pu les commettre. Sans doute quelques naturalistes ou physiolo- gistes ont pu ne considérer que l'un des deux termes de l'es- pèce, qui sont la ressemblance et la filiation.

Dans tous les cas, ils ont toujours tenu compte, soit de l'un, soit de l'autre. Mais remarquez que les savants dont je parle sont tous dans le passé et en assez petit nombre. Aujourd'hui l'immense majorité des naturalistes, et certainement tous ceux dont les noms font autorité, réunissent dans leurs défi- nitions les deux éléments constitutifs de l'espèce. Ils ont re- connu qu'ils étaient aussi nécessaires l'un que l'autre, et les ont compris de la même façon.

Il est évident que lorsque deux êtres, animaux ou plantes, se ressemblent au point qu'il est impossible de saisir entre eux aucune différence notable, il n'y a pas matière à discus- sion, ils sont de même espèce. Ce sont les différences plus ou moins accusées qui seules peuvent soulever des doutes.

C'est donc l'idée de ressemblance qui a conduit à établir la distinction de l'espèce et de la race, et la notion de filiation a fourni le critérium.

Sans revenir sur la manière par laquelle on est arrivé à cette idée complexe de l'espèce, je dois insister sur ce point que le problème a été abordé, puis résolu dans son ensemble, et que les naturalistes ne méritent pas le reproche de n'en avoir envisagé qu'un seul côté.

Je passe à la seconde erreur qu'ont commise les personnes auxquelles je réponds en ce moment. Quelle qu'ait été la con- duite des naturalistes, aucun d'eux n'a agi arbitrairement. Ce n'est pas à priori et en quelque sorte d'emblée, que les *mots* espèce, race et variété ont été définis.

Ce sont les *choses* successivement découvertes à force d'étude qui ont nécessité des mots pour les désigner. Aussi avons-nous le droit de déclarer que l'assertion polygéniste suppose tout au moins une grave erreur historique.

Je vous ai dit en effet comment, les premiers parmi les suc- cesseurs d'Aristote et de Pline, Jean Ray et Tournefort, en présence des découvertes nouvelles qui étaient venues s'ajou- ter aux observations anciennes, se sont demandé ce qu'était l'espèce. Vous avez vu comment chacun a répondu à sa ma- nière, comment aussi les naturalistes subséquents ont été peu à peu conduits à comprendre qu'il fallait réunir les no- tions séparément indiquées par Tournefort et par Jean Ray, et sont arrivés enfin à l'idée complète de l'espèce. Or maintenant, après un travail de trois siècles, quand les botanistes et les zoo- logistes sont parvenus à se mettre d'accord, nous n'aurions ni le devoir, ni même le droit de profiter de ce passé d'observa- tions et d'étude! nous ne pourrions pas invoquer comme ac- quis à la science les résultats auxquels sont arrivés nos devan- ciers! Encore une fois, la question qui nous est posée est la suivante: Les groupes humains sont-ils des races ou bien des espèces? Comment la résoudre, si nous ne disons pas tout d'abord ce que nous entendons par ces mots. Eh bien, je vous ai prouvé que ces mots représentaient des choses. Or, les poly- génistes ont un double tort; ils oublient les choses et pren- nent les mots les uns pour les autres.

En effet, quelques-uns attaquent l'idée d'espèce; à plus forte raison ne s'inquiètent-ils pas de définir la race; mais alors de quel droit viennent-ils affirmer ensuite l'existence d'espèces humaines multiples? Plusieurs enfin ne définissent ni l'espèce, ni la race, ni la variété.

Knox, pour sa part, déclare que ces mots lui impe

fort peu; on les comprend, dit-il, sans qu'il soit nécessaire de les définir.

Gliddon se raille de la peine que se sont donnée les naturalistes européens pour se faire une idée nette de l'espèce; il raye le mot de son dictionnaire, et lui substitue celui de *type*, que d'ailleurs il ne définit pas davantage. Ainsi on nous reproche de croire à l'unité spécifique des hommes en même temps qu'on déclare ne pas savoir ce que c'est qu'une espèce et qu'il est inutile de s'en inquiéter. Je vous laisse à penser s'il est possible de discuter avec les savants même très-distingués qui tombent dans des contradictions pareilles.

Un certain nombre de polygénistes définissent l'espèce, mais souvent d'une manière si vague, que toute application de leur définition devient impossible. Morton l'appelle « une forme organique primordiale ». Agassiz, ainsi que nous le verrons plus tard, adopte et développe cette définition. D'autres, avec un peu plus de précision, ne voient aussi que le côté morphologique dans ce qu'il a de plus étroit.

Voici comment s'exprime Nott, l'élève de Morton : « L'espèce est un type ou une forme organique qui est permanente ou qui est restée sans changement pendant des siècles sous des influences climatériques posées. »

D'après cela, l'ancon n'est plus un mouton ; le grato n'est plus un bœuf; les chèvres, les brebis et les bœufs sans cornes forment autant d'espèces distinctes.

Il est évident que s'il s'agit des chiens, on devra admettre autant de types spécifiques que le groupe renferme de formes distinctes, et vous savez que celles-ci sont aussi nombreuses que tranchées. Les notions que nous avons acquises dans le cours de cet enseignement font qu'il nous est impossible d'adopter pour l'espèce une définition qui ne comprendrait que l'idée de forme.

Au reste, qu'il définisse ou non l'espèce, je ne connais pas de polygéniste qui distingue nettement la race et la variété. Vous avez compris cependant combien cette distinction est importante. Tous, à des degrés divers, avec plus ou moins de franchise et de netteté, agissent et raisonnent comme ces écrivains qui emploient le mot *race* pour désigner les groupes humains, et qui préviennent qu'ils veulent prouver que ces groupes sont des espèces. Alors, pourquoi les appeler races si l'on ne confond pas l'espèce et la race ?

Cette confusion se retrouve au fond de bien des objections qui nous sont faites. Or, vous pouvez en comprendre la gravité. Elle met les polygénistes en contradiction avec tous les vrais naturalistes. Nous en verrons bientôt les conséquences.

L'argument que les polygénistes mettent le plus volontiers en avant repose sur les différences considérables qui existent entre les types extrêmes, entre le blanc et le noir surtout. Les plaisanteries de Voltaire à ce sujet ont été depuis reprises par des hommes qui ont dit le plus sérieusement du monde : L'Européen et le nègre sont trop différents pour qu'ils puissent être de la même espèce. C'est dans ce sens qu'un médecin instruit pourtant en anthropologie me disait naguère : « Ah ! s'il n'y avait pas les nègres, je n'hésiterais pas à croire à l'unité spécifique des groupes humains. »

Nous avons vu ce qu'il fallait penser de ces différences, et nous savons que, si étendues qu'elles puissent être entre les hommes, elles le sont encore bien plus entre nos races domestiques d'une même espèce.

Mais d'ailleurs, une fois sur ce terrain de la morphologie exclusive, pourquoi s'arrêter et ne pas traiter l'ensemble du genre humain comme on traite les animaux et les végétaux? Si les différences des caractères extérieurs ont une valeur du nègre au blanc, elles doivent en avoir du nègre au nègre et du blanc au blanc. La plupart des polygénistes reculent devant les conséquences d'une pareille logique. Aussi ne donnent-ils pas de classification, ou, s'ils en donnent, l'impossibilité même de traiter en espèces les groupes humains s'accuse par le désaccord énorme de leurs différentes évaluations.

Au début, nous trouvons Virey, qui reconnaît deux espèces, le nègre et le blanc, distingués l'un de l'autre par l'angle facial. Peu de temps après, Bory de Saint-Vincent en comptait quinze; Desmoulins parle de seize: et l'on comprend que dans cette voie il soit difficile de savoir où s'arrêter.

Knox, le premier, se montre logique; il se moque de ceux qui, dès qu'il s'agit de races (espèces), ne songent qu'aux peuples lointains de couleur différente, ou qui présentent tout autre caractère extérieur très-différent.

Il met face à face, dans son ouvrage, la silhouette d'un Grec montagnard au profil saillant, au nez crochu, à la physionomie d'oiseau de proie, et celle d'un moujik russe au front bombé, à la face plate, au nez écrasé, aux lèvres rentrantes. Au-dessous on lit ces mots : « Tous deux sont de même race. » Et Knox s'écrie triomphalement : « Voyez comme ils se ressemblent. »

Il ajoute ensuite : « Le but de cet ouvrage est de montrer que ce qu'on appelle les races européennes diffèrent les unes des autres aussi complétement que le nègre diffère du Boschiman, le Cafre du Hottentot, l'Indien rouge d'Amérique de l'Esquimau, et l'Esquimau du Basque. »

Il revient ailleurs sur cette pensée, et dit : « Pour moi le Celte calédonien des hautes terres d'Écosse est une race aussi différente du Saxon des basses terres de la même contrée qu'aucune race peut l'être d'une autre; que le nègre l'est de l'Américain, le Hottentot du Cafre, l'Esquimau du Saxon... »

Knox a raison. Une fois sur ce terrain de la séparation des groupes humains en espèces, d'après les différences morphologiques seules, on est obligé, pour être logique, de multiplier énormément le nombre de ces espèces. C'est alors de l'histoire naturelle pure ; il faut faire pour l'homme comme on fait pour les animaux : et nous avons vu que Lamarck, l'homme de la transformation des espèces, en admettait de si voisines entre elles, que, pour un pas de plus, dit-il, qu'elles auraient fait l'une vers l'autre, elles se seraient confondues. Quelles raisons donner d'ailleurs pour agir autrement?

Mais alors interviennent la science zoologique et le bon sens. La première fait observer que, dans un genre très-nombreux, on pourra bien trouver deux, trois ou quatre espèces douteuses, mais que jamais les zoologistes n'hésiteront pour savoir si un genre renferme deux espèces ou s'il en renferme deux cents. Telle est cependant l'alternative d'un polygéniste à un autre, de Virey à Knox, et même elle va plus loin. En effet, l'école américaine a fini par admettre que l'homme avait été créé sur place et par nation. La moindre différence de traits ou même de langue constitue pour elle un caractère d'espèce. Il y a donc autant d'espèces que de nations; or le nombre de ces dernières s'élève à plus de deux cents.

Voilà où conduisent la morphologie pure et la confusion de l'espèce et de la race. Pour emprunter au langage mathématique une de ses expressions, on peut dire que Knox et Agas-

ıt démontré par l'absurde la doctrine qu'ils combattent. loin que l'examen des caractères morphologiques puisse uire à l'idée d'espèce, il nous ramène au contraire invinment à la notion de race; car, plus on va, plus on voit cer les nuances appréciables. En effet, quels que soient ıractères considérés, on voit les types passer des uns aux s par des gradations insensibles, en sorte que leurs malations extrêmes se trouvent reliées par une série de intermédiaires qui exclut toute idée d'une démarcation ment tranchée. Au reste, la démonstration complète de proposition ressortira bien mieux encore de l'étude de des races que nous ferons dans la suite de ce cours.

faits qui précèdent nous conduisent à aborder deux tions opposées qui, par conséquent, se détruisent.

rdy, ancien professeur à la faculté de médecine de Paris, ne de savoir, d'imagination et d'esprit, pensait que l'enle des groupes humains formait un genre, lequel se dien quatre sous-genres caractérisés chacun par la coude ses représentants, le blanc, le jaune, le noir et le . Il admettait, en outre, des variétés en nombre indéfini la production était sans cesse alimentée par le croisement les degrés d'espèces indéterminées. Il déclarait qu'il désormais impossible de retrouver la trace des espèces tives, tant les guerres et les migrations avaient multieurs croisements et fondu leurs caractères. Il en résulue l'anthropologie était en quelque sorte une science sible.

ci une seconde opinion professée par d'autres polygé, et qui, je vous l'ai annoncé, détruit la précédente. On que le croisement est impossible entre certains groupes ins, ou du moins qu'il ne se forme pas de race métisse anente.

quinot est très-affirmatif dans ce sens, et cite des faits. n semble incliner vers cette opinion, et Nott le suit pas dans les *Types of Mankind*. Davis et Turnham de même eur *Crania britannica*. Knox, absolu et logique comme toujours, se raille de ceux qui croient aux résultats les d'un croisement humain quelconque.

si, d'une part, mélange absolu par suite d'un croisement rsel; de l'autre, impuissance effective de s'unir entre entants de différents groupes. Tout en s'excluant l'une tre, ces deux conclusions polygénistes s'expliquent ait.

st évident, en effet, que tout polygéniste sérieux doit ier à préciser, c'est-à-dire à déterminer les espèces hus qu'il admet. Se borner à dire qu'il y en a un trèsnombre répugne à quiconque met l'anthropologie g des autres sciences naturelles.

ıeureusement la tâche est impossible. Qu'il multiplie qu'il voudra le nombre des types spécifiques, qu'il aille jusqu'aux exagérations de l'école américaine, l'anthroste polygéniste trouvera toujours des intermédiaires les groupes qu'il aura une fois formés, et les mêmes qui les lui ont fait séparer le forceront à les subdiviser .

ouvant isoler nettement les espèces dont la multiplicité nt à cœur, il subira nécessairement l'alternative sui- il devra, ou bien, comme l'a fait Gerdy, reconnaître puissance, ou bien nier le fait général qui l'écrase et urner vers les exceptions.

ıettre le fait, c'est reconnaître que chez l'homme les espèces se conduisent, au point de vue des croisements, comme les races chez les animaux domestiques. Or, une des grandes prétentions de l'école américaine est de faire rentrer l'homme dans la loi commune. Elle est donc obligée, soit d'admettre la fécondité naturelle et indéfinie entre espèces, ou bien de nier la fécondité du croisement chez les hommes dans un certain nombre de cas. Nous avons vu ce qu'il fallait penser de la première de ces deux doctrines. Nous traiterons d'ailleurs plus tard des races mixtes.

Disons d'abord un mot de l'opinion de Gerdy et de ses disciples. Remarquez au début l'étrangeté de leur raisonnement. Les groupes humains forment un genre et quatre sous-genres qui résultent du croisement d'espèces que l'anthropologiste ne peut ni définir, ni décrire, attendu qu'elles ont toutes disparu dans un amalgame général. Certainement jamais un naturaliste n'eût raisonné ainsi, et l'on ne s'explique un pareil défaut de méthode que par la nature des travaux de Gerdy, qui était bien un anatomiste humain distingué, en même temps qu'un physiologiste éminent, mais point un naturaliste. Un genre et un sous-genre ne résultant que du groupement de certaines espèces, la première chose à faire pour le naturaliste est de déterminer celles-ci et de les réunir ou de les séparer selon leurs affinités.

Gerdy a donc manqué aux premiers éléments de la méthode naturelle. Bien plus, il a manqué aux éléments de toute science qui s'occupe d'un corps ou d'un être quelconque.

Comment, en effet, peut-on affirmer l'existence d'un corps ou d'un être qu'on se déclare impuissant à reconnaître? Le point de départ de Gerdy et de tous ceux qui parlent et raisonnent comme lui, s'évanouit dès qu'on y regarde de près.

Maintenant, substituons le mot *race* au mot *espèce*. Les faits dont Gerdy tire autant d'objections contre le monogénisme nous paraissent tout simples et tout naturels. En effet, l'exemple des chiens de rue est là pour nous apprendre de quelle manière inextricable se fondent entre elles les races domestiques d'une même espèce, et combien il est impossible d'en discerner les éléments cent fois mélangés.

Est-ce à dire cependant qu'il suffise de se placer sur le terrain de la race pour voir disparaître absolument toutes les difficultés du problème? Évidemment non; il reste encore bien des incertitudes, mais elles portent seulement sur les détails et sur quelques faits spéciaux.

Quant à l'impossibilité qu'il y a, suivant Gerdy, à remonter aux souches premières de nos races, il ne faut cependant pas la prendre à la lettre. Il faut, pour la réduire à sa juste valeur, tenir compte de ce qu'est la tâche de l'anthropologie dans le présent et dans le passé. Au point de vue de l'état actuel, science à peine naissante, elle ne pouvait espérer d'échapper à aucune des difficultés inhérentes à toute science d'observation; elle a besoin, pour se compléter, d'enregistrer pendant longtemps encore des faits bien observés. Or, cela n'est pas aussi aisé qu'on pourrait le croire. Les anthropologistes sont rares, et les voyageurs s'occupent plus souvent, je ne crains pas de le dire, des animaux et des végétaux, que des hommes qu'ils rencontrent sur leur passage. Les missionnaires eux-mêmes méritent souvent ce reproche. Nous aurons donc de nombreuses lacunes à signaler lorsque nous ferons l'histoire détaillée des races.

Quant aux races humaines dans le passé, leur étude nous présente des difficultés bien plus grandes encore. La race est en effet variable; la multiplicité des mélanges est incontes-

table; le milieu n'a pas cessé d'exercer son action. Il y a donc nécessité de recourir à toutes les sources d'information possibles. Il faut aussi se hâter, car, même de nos jours, certaines races disparaissent. Gerdy insiste avec raison sur la rapidité avec laquelle le croisement détruit les types, et en particulier sur le mélange des races américaines, polynésiennes, etc. Il y a certainement du vrai dans son exposé des difficultés que l'anthropologiste rencontre à chaque pas; seulement le tableau qu'il en trace n'est pas sans quelques exagérations.

Encore aujourd'hui on trouve en Amérique et en Océanie des populations pures.

L'exactitude générale des récits que nous ont laissés les premiers voyageurs qui ont visité la mer du Sud et la Polynésie, ainsi que les *conquistadores* de l'Amérique méridionale, a pu être contrôlée de nos jours. Il est telle population chez qui Dupetit-Thouars a signalé les mêmes caractères qui avaient frappé Cook.

De plus l'atavisme fournit parfois des moyens de contrôle inattendus, en faisant reparaître inopinément les caractères principaux de races éteintes déjà ou actuellement trop éloignées de nous pour se prêter à l'observation.

William Edwards a retrouvé chez les Hongrois le type Hun tel que des écrivains l'ont dépeint à l'époque de la grande invasion de cette horde.

Moi-même j'ai rencontré sur les bords du Rhin, en Alsace, un habitant du pays qui avait le cachet et jusqu'aux traits de détail de la race mongole; et dans son union avec une Alsacienne cet homme se comporta exactement comme s'il avait appartenu réellement à la race dont il portait le masque. J'ai retrouvé aussi, parmi des populations normandes, des hommes d'une taille colossale, reproduisant évidemment par atavisme le port et les traits des anciens rois de la mer.

ARM. ANGLIVIEL.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

M. GLUGE

La structure et le mode de formation de l'œuf dans la série animale; recherches de M. Ed. Van Beneden.

Chez les trématodes, deux glandes forment, l'une le germe, l'autre le vitellus. Le premier produit des cellules à noyau et nucléole sous membrane cellulaire : les cellules se forment aux dépens d'un protoplasma à noyaux.

Les cellules épithéliales de la glande vitellogène produisent une substance nutritive décrite sous le nom de *vitellus*, qui, en se réunissant avec la première vésicule, forme l'œuf dans une coque commune. Celui-ci est donc composé : 1° d'une vésicule germinative avec tache de Wagner; 2° du protoplasma qui entoure et constitue avec elle la cellule germinative; 3° du plasma (autrement appelé vitellus nutritif), et 4° d'une coque, produit des cellules glandulaires de l'oviducte.

Les études sur l'organisation et le développement des cestoïdes faites par M. Van Beneden, ont prouvé l'existence de deux glandes différentes pour la production du germe et du vitellus. L'auteur, par ses observations, démontre l'analogie dans la composition et le développement de l'œuf; et chez les trématodes, comme chez les cestoïdes, le développement embryonnaire commence par la division de la cellule germinative.

Chez les nématoïdes il n'existe pas un double appareil, comme chez les trématodes et les cestoïdes, pour la formation des vésicules germinatives et du vitellus, mais un même tube forme, dans deux portions différentes, les deux parties constituantes de l'œuf. Il s'offre ainsi une transition naturelle aux formes observées chez les mammifères. Ici il faut conserver, comme pour les trématodes et les cestoïdes, la division en germigène et en vitellogène. Dans la plupart des nématoïdes, l'extrémité du tube générateur produit des cellules germinatives formées d'une vésicule germinative, noyau de la cellule, et d'une couche d'un liquide visqueux et transparent. Dans une partie éloignée du tube, cette cellule germinative se charge d'éléments réfrigents qui se déposent autour de la vésicule germinative, éléments analogues à ceux que des glandes spéciales produisent chez les trématodes et les cestoïdes. Chez le genre *Coronella*, l'auteur a même trouvé une sorte d'étranglement qui constitue une séparation nette des deux parties du tube sexuel. Schneider ayant déjà montré que l'appareil sexuel des nématoïdes naît d'une seule cellule qui devient en s'allongeant un tube, c'est le liquide contenu dans la partie ovarique du tube qui charrie des noyaux qui doivent se transformer en œufs. Mais l'auteur n'a pu observer directement comment ces noyaux, devenus vésicules germinatives, se multiplient. Quant au point si controversé de l'existence d'une membrane vitelline et du micropyle servant à la fécondation, l'auteur en nie formellement l'existence avant la fécondation. Ils existent seulement quand on retire l'œuf de l'utérus. La membrane vitelline se formerait aux dépens du protoplasma même en confirmation des observations de Claparède et de Munk.

Chez les *crustacés*, l'auteur examine successivement les rotateurs ou rotifères, les lernées, les copépodes, les édriophthalmes et les décapodes. Le germe s'y forme, soit dans une glande distincte, soit dans une partie spéciale de l'ovaire, aux dépens d'un protoplasma à noyaux qui se divise en cellules distinctes. Celles-ci, dépourvues de membranes spéciales, absorbent des éléments vitellins dans un organe particulier, le vitellogène. Le vitellus présente deux parties différentes par leur origine et leur signification : le protoplasma, partie intégrante de la cellule-œuf, et les éléments vitellins tenus en suspension dans le premier : le plasma.

Dans l'œuf des mammifères il existe, contrairement à l'opinion encore souvent admise, deux membranes, l'une vitelline, l'autre le chorion; l'une formée aux dépens des cellules épithéliales du tube ovarien et parcourue souvent par des canalicules, l'autre aux dépens des cellules du vitellus.

Quant à la formation des vésicules de Graaf, elle se fait dans les tubes de l'ovaire indiqués déjà par Valentin et bien démontrés par Pflüger. L'auteur dit avoir pu vérifier ces derniers travaux sur l'homme, sur le chien, les marsupiaux et les édentés. Chez un kanguroo, il a étudié quelques jours après la naissance le développement des follicules de Graaf. Les tubes paraissaient se diviser par des cloisons naissantes et présentaient un étranglement de manière que celui-ci marquait le commencement de la délimitation de l'œuf. L'auteur nie donc formellement, ici comme pour tous les mammifères, l'existence d'une cellule mère donnant naissance aux œufs, telle qu'elle a été indiquée par Pfluger. L'œuf se développe comme chez les autres animaux par la formation du protoplasma autour des noyaux qui deviennent les vésicules germinatives. Car chez le kanguroo il a trouvé le protoplasma fondamental à noyaux, qui remplit la partie terminale du tube, se continuant directement avec une chaîne d'œufs. Cette chaîne correspond à la chaîne d'œufs portés sur un rachis commun, observé chez beaucoup d'helminthes. L'auteur a reconnu que la vésicule germinative se multiplie non par division, mais par formation endogène, pendant que le contenu de la cellule se multiplie par division. Il a vu distinctement, par exemple dans un follicule, deux vésicules séparées, mais rapprochées l'une de l'autre, pendant que le vitellus commun commence à se diviser. C'est une explication différente du fait important déjà observé précédemment. Quant au développement ultérieur de l'œuf, l'auteur ne pense pas que la vésicule germinative disparaisse, mais qu'elle se divise en deux noyaux qui deviennent ceux du fractionnement. Il admet que l'œuf des mammifères est constitué par le corpuscule de Wagner, la vésicule de Purkinje, le vitellus qu'il divise en protoplasma et plasma ; le dernier en suspension dans le premier.

rane mince vitelline et la zone transparente ou chorion. ement à l'opinion généralement admise, l'œuf, d'après 'est pas identique dans les différentes classes des ani- on considère comme parties essentielles les différentes vitellus et les membranes.

st-il une simple cellule, ou chez quelques animaux est-il ez d'autres un composé de cellules? Dans tout œuf, dit u'il soit de mammifère, d'oiseau, de crustacé ou de , nous trouvons une cellule protoplasmatique dont la erminative est le noyau, le corpuscule de Wagner le Cette cellule que nous avons appelée le germe de la f, que l'on peut considérer comme la première cellule aire, se forme partout de la même manière, présente s mêmes caractères, et donne naissance en se divisant ères cellules embryonnaires.

r considère le plasma comme une partie accessoire du i tantôt est formé par l'œuf même, tantôt par des éciales, tantôt constitué par des cellules, d'autres fois anules. En conséquence, l'auteur transforme la propo- tout œuf est une cellule en celle-ci : Dans tout œuf cellule-œuf, un germe qui est la première cellule de .

GLUGE.

M. SCHWANN.

ation de l'œuf et la théorie cellulaire à propos es recherches de M. Ed. Van Beneden.

en 1839 j'ai établi la théorie cellulaire, en prouvant d'une forme primitive unique, sous laquelle appa- ans leur origine toutes les parties élémentaires des s, sous laquelle se montre à sa première apparition tout , animaux et végétaux, j'ai indiqué dans la dernière losophique de mon travail comme caractère de cette nitive, comme caractère d'une *cellule*, qu'elle est un posé de plusieurs couches concentriques, ordinairement de trois, nucléole, noyau et cellule; que ces couches de manière que la plus interne est la première, qu'une une troisième se dépose *à l'extérieur* de la précédente, toutes ces couches ont la même signification, l'une la répétition de l'autre, que toutes elles peuvent mais pas se durcir à leur surface en forme de membranes ainsi des vésicules emboîtées, et que ces vésicules argir leur cavité par l'accroissement de la membrane. ndissant davantage ce phénomène, j'ai dit que la for- cellules constate une double manière des molécules nir. La première consiste en ce que les molécules se les unes aux autres aussi intimement que possible, interposition entre les molécules déposées. C'est ainsi couche croît. Si ce mode d'union existait seul, le pre- uscule grandirait, pourrait même se durcir à la surface vésiculeux, mais il n'aurait pas la composition d'une ne présenterait pas de couches distinctes. L'existence ches prouve qu'il y a un second mode de déposition les. A un moment donné les molécules ne s'unissent manière la plus intime les unes aux autres, mais se la surface de la couche précédente et commencent une ouche. C'est sur ce double mode de déposition des que j'ai basé la comparaison avec la cristallisation. ensuite que les cellules se forment dans un blastème, demi-liquide ordinairement granuleuse, et que ce blas- se trouver en dehors des cellules existantes (*génération* dans la cavité des cellules existantes (*génération endo-* e connaissais pas, à cette époque, la multiplication des r division. Depuis qu'elle a été découverte par Remak, mme troisième mode de génération le cas dans lequel e est formé par les couches mêmes qui constituent la ttraction par laquelle les molécules se sont réunies en ccessives ayant été satisfaite par ce dépôt même, ces viennent un blastème indifférent dans lequel de nou- veaux centres d'attraction peuvent se former. Dès lors la masse du nucléole ou celle du noyau se condense autour de ces nou- veaux centres, le nucléole ou le noyau se divisent en autant de parties qu'il y a de ces centres ; il y a *division* ou *gemmification*. Un peu plus tard la couche cellulaire qui a reçu de Remak le nom de *protoplasma*, suit ce mouvement et se condense autour de chaque noyau.

La théorie cellulaire rendait possible la comparaison des parties élémentaires des organes les unes avec les autres, et dès le commencement j'ai interprété les parties constituantes de l'œuf; j'ai dit que l'œuf est une simple cellule dont la membrane vitel- line est la membrane cellulaire, le vitellus le contenu, la vésicule de Purkinje le noyau, la tache de Wagner le nucléole. Me ba- sant sur des observations faites par R. Wagner chez les insectes, j'ai dit que l'œuf se forme dans un blastème dont quelques mo- lécules se réunissent pour constituer le nucléole; qu'autour de celui-ci se développe le noyau, c'est-à-dire la vésicule de Pur- kinje, que celle-ci à la fin s'entoure du vitellus et de la membrane vitelline comme couche cellulaire. J'ai soulevé, sans la décider, la question de savoir si la vésicule de Graaf dans laquelle l'œuf se trouve chez les mammifères, est la cellule mère de l'œuf ou si elle a une autre origine.

A côté de mon interprétation, une autre surtout s'est fait valoir, d'après laquelle la vésicule de Purkinje est la cellule et le vitellus n'est qu'une substance étrangère à la cellule, mais déposée à sa surface. Cette interprétation gagna beaucoup de poids par la découverte de M. de Siebold, que chez beaucoup d'animaux inférieurs deux glandes concourent à la formation de l'œuf : l'une donnerait origine à la vésicule de Purkinje, l'autre à celle du vitel- lus. Quant à la signification des vésicules de Graaf, les résultats si contradictoires des recherches faites sur le développement des ovaires des mammifères, étaient loin de porter dans cette ques- tion toute la lumière désirable.

Le résultat général auquel l'auteur est arrivé consiste à dire que l'œuf est, dans son origine, une cellule simple dont la tache de Wagner est le nucléole, la vésicule de Pukinje le noyau. Au- tour de ce noyau il y une couche cellulaire, un protoplasma qui complète cette cellule. Mais cette cellule primitive se combine plus tard avec un dépôt de nourriture sous forme de globules très-réfringents et qu'il appelle le *plasma*. Ce plasma n'étant pas essentiel, pouvant même manquer, quoique très-rarement (chez Cucutanus), se combine avec la cellule-œuf d'une manière diffé- rente d'après les espèces d'animaux. Dès lors nous avons à dis- tinguer dans l'œuf mûr *deux éléments* constituants : la *cellule-œuf* et le *plasma*. Nous les examinerons séparément.

1. *La cellule-œuf.* — D'après les observations de l'auteur, le mode de développement de la cellule-œuf est absolument le même chez tous les animaux. Chez ceux qui présentent un ger- migène et un vitelligène, c'est-à-dire chez lesquels le travail est partagé entre deux glandes ou entre deux parties différentes du même organe, ce développement a lieu dans le germigène; chez tous les animaux supérieurs, il s'opère dans les tubes ovariens, dont les vésicules de Graaf sont une fraction. Dans ces organes il y a un *liquide* que l'auteur appelle le *liquide protoplasmatique*, dans lequel se trouvent en suspension des noyaux avec nucléoles. Les noyaux se multiplient par division et souvent leur division est précédée de la division des nucléoles. Plus tard chaque noyau condense autour de lui une partie du protoplasma commun, et lorsque ainsi les couches cellulaires sont complétement séparées les unes des autres, la cellule-œuf est faite. Il n'y a pas de mem- brane vitelline dans l'origine de l'œuf, mais seulement cette couche protoplasmatique autour du noyau.

De ces faits l'auteur tire la conclusion que ce n'est pas la vé- sicule de Purkinje qui se forme en premier lieu, mais ces vési- cules et le protosplama commun se forment ensemble, et ce der- nier se condense plus tard autour de chaque noyau.

Je suis obligé d'intercaler ici une observation. Il me semble que les faits cités permettent une autre interprétation qui, à mon avis, est préférable. Ce que l'auteur appelle ici liquide proto-

plasmatique ou protoplasma commun, je l'appellerais plutôt le blastème dans lequel se multiplient les noyaux par division. C'est une substance indifférente que les noyaux des cellules futures ne se sont pas encore appropriée, qui n'appartient donc pas encore aux nouvelles individualités qui se forment. Il devient protoplasma ou couche cellulaire seulement, lorsqu'il entre dans la sphère d'activité de chaque noyau et subit probablement aussi dès ce moment un changement. Nous voyons ce changement dans l'œuf des mammifères au commencement de la division du vitellus. Si nous faisons abstraction de la persistance de la vésicule de Purkinje et que nous admettons pour un moment la formation d'un nouveau noyau au centre du vitellus, ce vitellus est d'abord un blastème indifférent. Dès que le noyau exerce son activité, il attire le vitellus vers lui, une partie du liquide est expulsée, et le vitellus en se rétrécissant ainsi s'écarte de la membrane vitelline. C'est à présent seulement, après sa concentration par l'attraction du noyau, qu'il mérite le nom de protoplasma de la nouvelle cellule, et ce protoplasma est différent, même chimiquement différent du vitellus primitif, parce que celui-ci a expulsé du liquide.

L'abandon de l'idée du blastème, vers lequel tendent actuellement plusieurs auteurs de grand mérite, ne me semble pas un progrès. C'est par cette idée seule que l'on peut réunir systématiquement, comme nous l'avons fait plus haut, les différents modes de multiplication des cellules, par exemple, la *division* et la *génération endogène* qui existent incontestablement l'une et l'autre. C'est par la distinction entre le blastème et le protoplasma qu'on relève une différence importante qui peut exister entre ces deux substances quand même les molécules seraient chimiquement les mêmes. Dans le protoplasma qui se forme sous l'influence du noyau les molécules s'arrangent régulièrement comme les molécules qui forment une lamelle d'un cristal, tandis que cet arrangement régulier manque dans le blastème avant d'être devenu protoplasma. Quand même ce blastème dans son origine est le protoplasma d'une autre cellule, il est bien possible que cet arrangement régulier cesse d'exister lorsque le noyau de cette cellule a disparu. Cette particularité des molécules dans la couche cellulaire, leur déposition régulière, peut être une condition essentielle de leurs phénomènes vitaux. D'après l'interprétation que je viens de donner aux faits constatés par l'auteur, je persiste donc à dire que c'est le noyau de la cellule-œuf qui se forme en premier lieu et la couche cellulaire se dépose plus tard.

Le fait que nous venons de signaler implique entre autres que ce qui se forme dans le germigène des animaux inférieurs n'est pas seulement le noyau, la vésicule de Purkinje, mais la cellule-œuf tout entière. Par là disparaît une grande difficulté dans ma théorie. L'auteur appelle cette cellule-œuf la *cellule* germinative, par opposition à la *vésicule* germinative ou vésicule de Purkinje qui en est le noyau. Il me semble qu'il vaudrait mieux éviter cette ressemblance des termes.

2. *Le plasma.* — M. Reichert avait déjà introduit dans la science la distinction existante chez plusieurs animaux, par exemple les oiseaux, entre la partie du vitellus qui devient cellules du blastoderme, le *vitellus de formation*, et la partie qui est en dehors de la première et qui sert seulement de nourriture, le *vitellus de nutrition*.

L'auteur substitue à cette distinction une autre qui est chimique plutôt qu'anatomique. Il dit : La substance nutritive de la cellule-œuf et de ses descendantes se présente sous forme de globules très-réfringents, composés de graisse, d'albumine, etc., et ces globules ne se trouvent pas seulement dans le vitellus de nutrition de Reichert, mais aussi dans le protoplasma de la cellule-œuf. Il faut donc établir une distinction qui embrasse toute cette matière nutritive, celle en dehors de la cellule-œuf et celle contenue dans le protoplasma, et il l'appelle le *plasma*. Cette distinction gagne beaucoup d'importante par l'application qu'il en fait pour réduire à un ensemble très-satisfaisant les différents modes de développement du blastoderme. C'est cette substance nutritive, le plasma, qui se forme dans le vitelligène des animaux inférieurs, non pas le vitellus entier, et il appelle cet organe en conséquence le *plasmigène*. Le plasma se forme là comme contenu des cellules épithéliales qui se désorganisent plus tard.

Le protoplasma de la cellule-œuf peut les avaler en vertu de la faculté d'absorber des corps solides à la manière des amibes, faculté connue déjà pour d'autres jeunes cellules, par exemple les globules blancs du sang, et constatée pour l'œuf par MM. Ed. Van Beneden et Bessels. Le protoplasma peut même avaler des cellules épithéliales entières qui alors se désorganisent seulement dans le protoplasme. Mais le plasma qui est en dehors de la cellule-œuf peut aussi servir de nourriture *sans* y entrer sous forme de globules. Il y pénètre sous forme de *solution* qui imbibe le protoplasma et les cellules du blastoderme qui en naissent.

Enfin il y a beaucoup de cas où le plasma ne se dépose pas d'abord à la surface de la cellule-œuf, mais où le protoplasma forme lui-même ces globules réfringents, dans son intérieur, aux dépens du suc parenchymateux dont il est imprégné comme tous les tissus. Bref, la manière dont se comporte le plasma varie beaucoup d'après les différentes espèces d'animaux, et cela fait contraste avec l'unité du développement de la cellule-œuf et démontre le caractère accessoire du plasma.

Pour résumer la composition de l'œuf, qui résulte des recherches de l'auteur, s'il m'est permis d'employer une comparaison triviale pour laquelle je demande pardon, l'œuf mûr, destiné à vivre seul, est semblable à un voyageur dans un pays aride qui ne part pas à jeun, mais qui part en portant de la nourriture dans son estomac et souvent encore dans un havre-sac. L'œuf est une cellule chargée d'une provision de nourriture.

La cellule-œuf est la première cellule du nouvel être ; toutes les cellules qui composent l'animal n'en sont que des descendantes. Le noyau de la cellule-œuf, la vésicule de Purkinje, disparaît, d'après la plupart des auteurs, quand il a joué son rôle, quand l'œuf est devenu mûr. Mais plusieurs observations de différents naturalistes tendaient déjà à faire croire à la persistance de ce noyau qui se rajeunit, pour ainsi dire, et se place au centre du vitellus qu'il n'occupait plus depuis l'arrivée du plasma. De nouvelles considérations et de nouvelles observations faites par l'auteur appuient fortement cette dernière opinion. Lorsque la vésicule de Purkinje est placée au centre du vitellus, celui-ci se rétrécit, se serre pour ainsi dire autour de ce noyau rajeuni, et nous avons dès lors une nouvelle cellule avec un nouveau protoplasma qui est l'ancien vitellus, moins le liquide exprimé. C'est alors que le noyau, la vésicule de Purkinje, se divise en deux et un peu plus tard la masse du protoplasma vitellus se concentre autour de ces deux noyaux, c'est-à-dire se divise elle-même en deux : nous avons deux cellules. Cette opération se répète un plus ou moins grand nombre de fois, toujours la division du noyau précède celle du protoplasma, et nous obtenons à la fin un nombre immense de cellules à noyaux qui constituent le blastoderme, c'est-à-dire le commencement de l'embryon.

Je me figure la chose ainsi : Lorsque la vésicule de Purkinje a joué son rôle, la formation de la cellule-œuf, elle est devenue un blastème indifférent dans lequel deux nouveaux centres d'attraction se forment. Avant que l'effet de cette nouvelle attraction sur le contenu de la vésicule de Purkinje devienne visible, la nouvelle activité s'étend déjà au delà de la vésicule sur le vitellus. C'est là la cause du déplacement de la vésicule vers le centre de celui-ci. Pendant ce temps l'effet des nouveaux centres s'accomplit sur la vésicule, son contenu se divise en deux, probablement avec disparition de la membrane ; nous obtenons deux noyaux.

Exerçant à leur tour une attraction sur la partie correspondante du protoplasma-vitellus, ces noyaux se déplacent d'abord et produisent ensuite la division du vitellus en deux globes à noyaux qui sont de véritables cellules. Par le même procédé ils se sous-divisent un grand nombre de fois. SCHWMANN.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE NUMÉRO 14 6 MARS 1869

Paris, 5 mars 1869.

ncours d'agrégation de la section de pathologie in- la Faculté de médecine de Paris se terminera pro- ient. L'impression générale qui résulte des premières d'argumentation, c'est que les idées physiologiques s encore suffisamment pénétré à la Faculté de méde- y a sans doute de brillantes exceptions, mais nous pour la masse.

concours d'agrégation dans la section de chirurgie et :hements vient de s'ouvrir sous la présidence de nvilliers, inspecteur général, professeur de médecine re; les autres juges sont : MM. Richet et Gosselin, pro- de chirurgie; MM. Depaul et Pajot, professeurs d'ac- ients, et M. Guyon, agrégé de chirurgie.

se souvient que M. A. Sanson et la commission nommée ninistère de l'agriculture identifient le charbon avec icémie que produit l'inoculation du sang putride, et nent que la présence des bactéridies dans le sang est accidentel qui ne caractérise pas du tout le charbon -dessus, p. 129, 30 janvier 1869). M. Davaine ne con- s la virulence de la septicémie, ce fait a été démon- ses propres expériences, comme par celles de M. Raim- Châteaudun), Coze et Feltz (de Strasbourg), etc.; mais ère une série de différences qui séparent le charbon pticémie : présence de bactéridies toujours immobiles, iation en îlots des corpuscules du sang, augmentation me de la rate, persistance des propriétés virulentes sang qui a été desséché; communication de la maladie gestion de viandes charbonneuses, tandis que les chairs ues ne provoquent pas de septicémie; enfin, production ustule maligne.

Sanson insinue d'abord que les vétérinaires d'Au- sont bien plus compétents que M. Davaine pour éta- diagnostic différentiel du charbon. Il ajoute à cette deux séries d'expériences : les unes établissant que g charbonneux contenant des bactéries immobiles a is la virulence sans transmettre des bactéries; les autres, sang extrait d'une tumeur charbonneuse et ne conte- is de bactéries a donné le charbon. Enfin, le sang char- x perdrait par la dessiccation sa propriété virulente ssi bien que le sang septicémique.

ernier point est énergiquement contesté par M. Raim- I. Luton et M. Davaine, qui apportent devant l'Acadé- grand nombre d'expériences contraires à celles de Sanson. Cependant M. Davaine ne nie pas la possibilité ultats annoncés par ce dernier, et voici comment il les explique. La putréfaction enlève assez rapidement au sang charbonneux la propriété de transmettre le charbon : M. Davaine l'avait déjà constaté dans ses publications antérieures. Or, en été surtout, si on laisse le sang charbonneux se dessécher lentement, il se putréfie d'abord, et devient ainsi une matière tout à fait inerte. C'est cette matière inerte qui se dessèche ensuite, et l'on comprend alors très-bien qu'elle ne soit plus capable de provoquer le charbon, lorsqu'on l'introduit plus tard dans l'organisme. Mais si l'on fait dessécher rapidement le sang charbonneux, la putréfaction n'a pas le temps de se produire, et il conserve ses propriétés virulentes, qui se manifestent lorsqu'on lui rend de l'eau, ou même lorsqu'on l'introduit simplement dans le tissu cellulaire sous-cutané, qui lui fournit les conditions d'humidité nécessaires. Cette explication est confirmée notamment par les expériences de M. Luton.

M. Davaine ne conteste pas non plus absolument que du sang charbonneux puisse transmettre une maladie virulente rapidement mortelle à des animaux dans le sang desquels il ne se développe cependant pas de bactéridies, mais il soutient que cette maladie est la septicémie, et non pas le charbon. En effet, dit-il, la putréfaction enlève au sang charbonneux la propriété d'inoculer le charbon, mais elle lui donne en échange la propriété de tuer par septicémie, et, à l'aide des caractères différentiels que j'ai indiqués, on peut se convaincre que c'est bien la septicémie qui a pris naissance dans ce cas.

Enfin, M. Davaine reproche à M. A. Sanson de confondre, sous le nom collectif de bactéries, les filaments du charbon (bactéridies) avec ceux de la putréfaction de la septicémie ou d'une infusion de foin. Les recherches de MM. Coze et Feltz ont nettement distingué les filaments du charbon de ceux de la septicémie, et M. Robin a même cru devoir les classer, non plus parmi les vibrioniens, mais parmi les algues, dans le genre *Leptothrix*. On conçoit en effet que cette confusion est de nature à introduire des causes d'erreurs fort graves dans des expériences de ce genre.

— M. Brierre de Boismont a lu à l'Académie de médecine une étude sur les fous criminels et le régime auquel ils sont soumis en Angleterre. Voici les conclusions pratiques auxquelles il arrive :

Que résulte-t-il de l'exposé que nous venons de tracer ? Que, pour les hommes éclairés, il y a des fous très-dangereux, et que le nombre en est plus considérable qu'on ne pense.

Il est cependant certain que tous les actes répréhensibles commis par les fous dits criminels ne doivent pas être compris dans cette catégorie. Il en est beaucoup qui ne sont que des délits; mais, même encore dans cette section, on trouve des aliénés qui, par leur conduite, doivent être isolés des malades ordinaires : tels sont ceux qui volent sans cesse, ourdissent des complots, montent la tête des autres, les excitent à faire du mal à autrui et à eux-mêmes, écrivent des lettres

anonymes, font des dénonciations calomnieuses, commettent des actes graves, et sèment partout l'agitation et le trouble.

Cette différence de degré dans les actes coupables nous ramène au système proposé par les médecins anglais, par quelques médecins français, et presque approuvé par l'autorité supérieure : nous voulons parler des quartiers spéciaux dans les asiles ordinaires et dans les prisons, mesure qui, selon nous, n'aurait d'efficacité qu'avec la création de l'asile central. Celui-ci devrait être organisé de manière que les condamnés fussent séparés des aliénés seulement dangereux, et que les rangs ne fussent pas confondus, le contact de l'homme grossier ne pouvant qu'aggraver l'état mental de l'aliéné qui a reçu de l'éducation ; car il ne faut pas oublier qu'il est ici question de malades et non de criminels.

Règle générale, tous les aliénés de ces deux catégories devraient être soumis à une expertise médico-légale.

Voici maintenant comme nous concevons le classement de ces deux sections :

1° *Quartiers spéciaux des asiles ordinaires.* — Les aliénés du second degré, dont les mauvais instincts ne sont pas incorrigibles, qui obéissent à la règle, seraient placés dans ces quartiers, car nous n'admettons pas la prison lorsque la folie s'est montrée. Il en serait de même des aliénés vagabonds, que nous avons été plusieurs fois chargé d'examiner. Tantôt séquestrés comme malades, tantôt emprisonnés comme coupables, l'expertise nous apprenait que nous avions affaire à des fous ou à des imbéciles dont le vrai séjour était un asile où l'on pût les traiter ou les occuper. On y enverrait également les aliénés condamnés pour des délits correctionnels, mais disciplinables.

2° *Asile central spécial.* — Il serait uniquement destiné :

1° Aux homicides, aux incendiaires, aux voleurs, aux coupables d'attentats aux mœurs, à tous ceux enfin qui ont des tendances nuisibles persistantes.

2° Aux aliénés à délire de persécution, qui ont tué et veulent toujours tuer.

3° Aux individus à crimes étranges, dont les actes ne peuvent s'expliquer d'une manière rationnelle, comme ceux de l'empoisonneuse de Genève (1868), et qui obligeaient le procureur général à dire : « *Son crime est horrible, mais la cause en est encore mystérieuse.* » Leur séquestration protégerait la société ; elle serait une punition suffisante s'ils étaient criminels ; mais s'ils avaient agi dans un moment de folie passagère, elle préserverait des familles honorables de la honte de la flétrissure légale, qui sera encore longtemps un préjugé indestructible.

4° Aux aliénés qui exigent une longue observation, comme les fous raisonnants, lorsqu'ils ont commis un crime.

5° Aux criminels simulateurs.

6° Aux malades nés avec des instincts de perversité morale, malgré les bons exemples de la famille ; aux fanatiques qui tuent pour réaliser leurs utopies, mais dont la conduite a son explication dans la folie.

7° Enfin, aux aliénés du second degré, à tendances vicieuses et incoercibles.

Ne perdons pas de vue que tous ces malades réunis ne dépassent pas 700 individus sur 64 658 aliénés et idiots, dans l'expérience anglaise, et que la mesure est une garantie de tranquillité pour tous les asiles ordinaires.

CONFÉRENCES DE HEIDELBERG

M. H. HELMHOLTZ

de la Société royale de Londres

Des progrès récents dans la théorie de la vision

Les sciences naturelles et la psychologie, ces deux branches importantes du savoir humain, se trouvent en présence quand on étudie la physiologie des sens. De cette rencontre résultent des problèmes qui intéressent également le naturaliste et le psychologiste et à la solution desquels ils doivent nécessairement contribuer tous deux. Au premier abord, la physiologie ne semble avoir à étudier que des changements matériels dans des organes corporels ; la physiologie des sens doit effectivement s'occuper en premier lieu des nerfs et de leurs sensations, en tant que ces dernières sont des excitations des nerfs. Mais lorsqu'on examine les fonctions des organes, peut-on se dispenser d'étudier les perceptions d'objets extérieurs qui se forment par suite des excitations nerveuses ? Un motif suffisant pour procéder ainsi, c'est qu'une perception nous trahit souvent une excitation nerveuse, ou la modification d'une excitation, que nous n'aurions pas remarquée autrement. Or, la perception des objets extérieurs est incontestablement un acte conscient de notre pouvoir de représentation ; c'est un acte *psychique*. Bien plus, avec les progrès de l'étude des perceptions, on a vu s'élargir de plus en plus le domaine de ces actes dont l'influence se fait sentir dans les perceptions sensuelles les plus élémentaires. Si ces actes psychiques ont été peu étudiés jusqu'ici, c'est qu'on s'était habitué à considérer la perception d'un objet extérieur comme une chose fournie immédiatement par le sens et qui ne serait point susceptible d'analyse.

Il n'est guère nécessaire de rappeler ici l'importance fondamentale que présentent ces études relativement à presque toutes les autres branches de la science. La perception sensuelle se trouve, en effet, immédiatement ou médiatement, à la base de toute connaissance humaine ; ou elle sert du moins occasionnellement au développement des diverses aptitudes de l'esprit humain. Elle est la pierre angulaire de toutes les relations entre l'homme et le monde extérieur, et les fonctions psychiques qui accompagnent ces relations, fussent-elles de l'ordre le plus infime et le plus simple, n'en sont pas moins importantes et dignes d'intérêt.

C'est dans cette branche qui nous occupe que l'art de l'expérimentation, si perfectionné par l'étude des sciences naturelles, a pu pénétrer pour la première fois dans le domaine des fonctions psychologiques. Assurément l'expérimentation ne peut s'appliquer ici qu'à définir l'espèce des impressions sensuelles qui font naître en nous telle ou telle représentation ; mais cette recherche suffit pour tirer de nombreuses conséquences relatives à la nature des processus psychiques corrélatifs, et c'est dans ce sens que je veux essayer de vous exposer les résultats qu'ont fournis les recherches récentes sur la théorie physiologique de la vision.

Venant de terminer récemment un travail complet sur l'optique physiologique (1), je profite volontiers de l'occasion qui m'est offerte de présenter dans leur ensemble les considérations théoriques dont je viens de parler. Dans le cours de mon travail, j'ai eu soin de vérifier par moi-même tous les faits et toutes les expériences qui présentaient quelque importance. On est d'ailleurs à peu près d'accord sur tous les faits expérimentaux un peu considérables ; on ne discute guère que sur la valeur de certaines différences individuelles qui se présentent dans quelques classes de perceptions. L'essor remarquable qu'a pris l'ophthalmologie dans ces dernières années a conduit nombre de savants distingués à travailler la physiologie de la vision, et à mesure que le nombre des faits observés a augmenté, il est devenu plus facile de les coordonner et d'en former un ensemble satisfaisant. Les personnes compétentes savent d'ailleurs combien il a fallu de recherches pour établir une grande partie des faits en apparence les plus simples et les plus incontestables.

Pour arriver à répandre quelque clarté sur le sujet qui

---

(1) *Optique physiologique* de H. Helmholtz, neuvième volume de l'*Encyclopédie générale de la physique* de G. Karsten. Leipzig, 1867. — Traduction française par E. Javal et N. Th. Klein.

occupe, il nous faudra d'abord préciser les fonctions iques de l'œil considéré comme instrument d'optique; ous exposerons ensuite les phénomènes physiologiques :itation et de transmission dont les parties du système eux qui appartiennent à l'œil sont le siége; — et, en ier lieu, nous examinerons la question psychologique, de savoir comment les perceptions sont les conséquences xcitations nerveuses.

ns la première partie, que nous ne pouvons omettre parce le forme la base des suivantes, on trouvera sans doute bien hoses généralement connues; mais il était nécessaire de produire afin de pouvoir coordonner les faits nouveaux. este, cette partie physique présente un intérêt plein d'acté : c'est sur elle que repose le développement extraordiqu'a pris l'oculistique dans ces vingt dernières années, oppement qui est peut-être sans exemple dans l'histoire médecine, par sa rapidité et son caractère éminemment tifique. Le philanthrope n'est pas seul à se réjouir de onquêtes, qui préviennent ou guérissent tant de maux ce desquels on se trouvait naguère désarmé; l'ami de la ce a tout lieu de les regarder aussi d'un œil fier. On ne s'y tromper : ce n'est pas à tâtons ni par hasard qu'on a ntré le progrès, mais bien grâce à une marche dont la ode rigoureuse est une garantie de succès. De même que onomie, par son exemple, a inspiré jadis aux sciences ques la confiance dans la vraie méthode, l'oculistique re aujourd'hui d'une manière frappante les progrès euvent amener en thérapeutique l'application des més de recherches bien comprises et l'intelligence de la des phénomènes. Il n'est pas étonnant qu'un champ esprit scientifique pouvait se promettre d'aussi beaux phes ait attiré des travailleurs éminents; c'est en grande e grâce à leur nombre que le développement de l'ophnologie s'est fait avec une aussi surprenante rapidité. me permette de nommer, pour l'Allemagne, la Hol- et l'Angleterre, MM. Albert de Graefe à Berlin, Donders echt, et Bowman à Londres.

x qui aiment la science pour elle-même peuvent citer vers si profond de Schiller sur la science : « Que celui mbitionne les faveurs de la déesse ne cherche pas en a femme. » Il est facile, en effet, de montrer que, dans et qui nous occupe, les résultats pratiques les plus imnts ont été la conséquence inattendue de recherches esprit superficiel aurait pu traiter de bagatelles superces études dévoilaient un enchaînement d'effets et de s dont l'intérêt n'était tout d'abord appréciable qu'à un de vue théorique.

I

L'ŒIL CONSIDÉRÉ COMME INSTRUMENT D'OPTIQUE.

tous les sens, celui de la vue a toujours été considéré e le don le plus précieux et le plus merveilleux produit nature. Chanté par les poëtes, célébré par les orateurs, été loué par les philosophes comme donnant la mele ce que la nature organique est capable de produire, physiciens ont cherché à imiter un organe où ils nt l'idéal des appareils d'optique. L'admiration enaste dont cet organe a toujours été l'objet est bien vable, lorsqu'on pense aux services qu'il nous rend. atteint aux limites de l'espace avec une rapidité merveilleuse; les images les plus diversement colorées viennent y peindre mille tableaux changeants, et les représentations qu'il nous fournit forment un spectacle dont nous ne pouvons nous lasser. C'est par l'œil seul que nous connaissons les profondeurs de l'espace avec les mondes innombrables et lumineux dont il est peuplé. C'est l'œil seul qui nous permet d'admirer les paysages terrestres, et leurs contrastes harmonieux de lumière et d'ombre; les plantes, si variées en forme et en couleur; les animaux, avec leurs mouvements pleins de grâce ou de force. Après la perte de la vie, celle de la vue est pour nous la plus douloureuse de toutes.

L'exactitude et la sécurité avec lesquelles la vue nous permet d'apprécier la position, la distance, la grandeur des objets qui nous entourent, sont pour nous d'une importance bien plus grande encore que les jouissances esthétiques dont nous sommes redevables à l'œil. En effet, les appréciations fournies par la vue guident l'homme dans tous ses mouvements; elles sont aussi indispensables à l'ouvrière dont la fine aiguille trouve son chemin au milieu du dédale de fils le plus compliqué, qu'au chasseur de chamois dont la vie dépend de la juste évaluation de l'espace qu'il franchit en bondissant. D'autre part, le succès de nos mouvements, qui sont essentiellement fondés sur les notions que la vue nous donne du monde extérieur, servent de contrôle perpétuel pour l'exactitude de ces notions. Si la vue venait à nous tromper sur la position et sur la distance des objets, nous ne pourrions manquer de nous en apercevoir aussitôt, car nous serions amenés à mettre le pied ou la main aux endroits où nous croirions voir les objets que nous voulons toucher. Cette vérification continuelle que nos mouvements nous font faire de l'exactitude des renseignements fournis par la vue, est ce qui nous ramène à donner aux témoignages de ce sens une confiance pleine et entière, confiance qu'aucune objection posée par la métaphysique ou la pyhsiologie ne saurait tant soit peu ébranler.

S'il en est ainsi, faut-il s'étonner qu'une opinion se soit établie, d'après laquelle l'œil serait un instrument d'optique avec lequel aucun de ceux que les hommes construisent ne saurait lutter de perfection? N'est-il pas naturel qu'on ait cru pouvoir expliquer, par la précision et la complication de sa structure, l'exactitude et la variété des fonctions de cet organe?

Cependant l'étude exacte de l'optique oculaire, telle qu'elle a été faite pendant ces dix dernières années, a produit une remarquable déception relativement aux facultés optiques de l'œil, déception analogue à celle que la critique des faits a infligée à plus d'un enthousiasme irréfléchi. Mais, ici comme dans d'autres cas analogues, il me semble que l'intelligence plus complète des phénomènes, loin de tuer l'enthousiasme, n'a fait que l'augmenter en le justifiant. Les éminents services que rend ce petit organe ne peuvent pas être contestés; et si, dans un certain sens, nous sommes obligés de rabattre de notre admiration, nous trouvons aussitôt une compensation suffisante dans d'autres merveilles inattendues.

Quoi qu'il en soit, nous ne pouvons imiter aucune œuvre de la vie; si l'art humain produit des instruments optiques qui ont atteint, comme tels, un plus haut degré de perfection que l'œil, l'instrument que la nature a formé ici n'en est pas moins aussi merveilleux par son origine que toute autre de ses œuvres.

Considéré comme instrument d'optique, l'œil est une chambre noire. Tout le monde connaît maintenant cet appareil, tel que les photographes l'emploient pour faire des portraits ou des paysages. Une boîte, noircie à l'intérieur, porte à sa partie antérieure des lentilles de verre qui réfractent la lumière et la réunissent de manière à former, à la partie postérieure de la boîte, une image des objets situés devant l'instrument. D'abord, lorsqu'il met au point, le photographe reçoit l'image sur un verre dépoli. Sur cet écran, l'image apparaît renversée ; elle présente un coloris naturel, et ses contours sont d'une élégance et d'une netteté qui défient l'imitation de l'artiste le plus habile. Puis on remplace le verre dépoli par une plaque préparée, sur laquelle la lumière produit des changements chimiques permanents, plus forts aux endroits très-éclairés, moins forts aux endroits sombres. Ces changements chimiques constituent l'image daguerrienne ou photographique.

La chambre noire naturelle, qui constitue notre œil, est également noircie à l'intérieur (fig. 9). La boîte carrée de bois

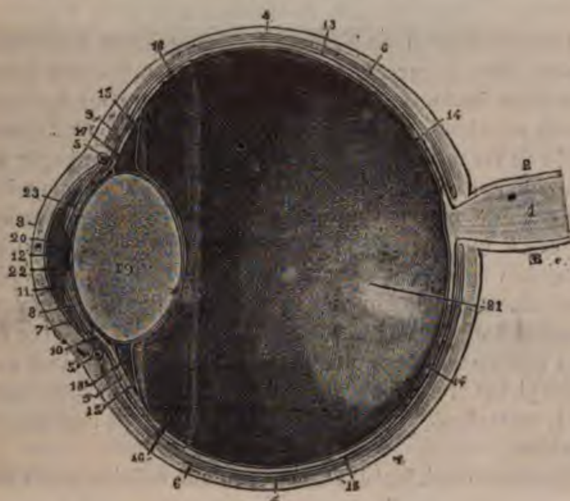


Fig. 9. — Coupe antéro-postérieure du globe de l'œil.

1. Nerf optique. — 2. Gaîne du nerf optique. — 3. Cornée. — 4,4. Sclérotique. — 5,5. Canal de Fontana. — 6,6. Choroïde. — 7. Portion antérieure de la membrane de l'humeur aqueuse. — 8. Portion postérieure de la même membrane. — 9,9. Corps ciliaire. — 10. Procès ciliaire. — 11. Iris. — 12. Pupille. — 13,13. Rétine. — 14,14. Membrane hyaloïde. — 15,15. Portion ciliaire de cette membrane. — 16,16. Zone de Zinn. — 17. Adhérence de la zone de Zinn avec la capsule cristalline. — 18. Canal de Petit. — 19. Cristallin. — 20. Capsule cristalline. — 21. Corps vitré. — 22. Chambre antérieure. — 23. Prétendue chambre antérieure.

est remplacée par une coque arrondie, la *sclérotique*. Cette membrane blanche et résistante, dont une partie est visible sur le vivant, constitue le blanc de l'œil. La surface intérieure de la sclérotique est tapissée par la *choroïde*, membrane mince formée presque entièrement de vaisseaux sanguins rouges entrelacés et couverte de pigment noir. Le vide que présente la chambre noire des photographes est rempli dans l'œil par une masse transparente, claire comme de l'eau. A la partie antérieure de l'œil, au lieu des lentilles de verre de la chambre noire, la *cornée*, formée d'une substance cartilagineuse transparente et présentant une convexité sphérique, vient s'insérer dans la sclérotique. Sa position et sa courbure sont inaltérables, parce qu'elle fait partie de l'enveloppe extérieure du globe de l'œil. Les lentilles de verre des photographes ne sont pas fixées invariablement, elles sont montées dans un tube mobile, que l'opérateur déplace au moyen d'un pignon et d'une crémaillère, de manière à obtenir des images nettes sur le verre dépoli, quelle que soit la distance des objets qu'il veut reproduire. Les lentilles doivent être d'autant plus loin du verre dépoli, que l'objet à représenter est plus voisin de l'appareil. Comme l'œil doit obtenir à sa surface postérieure des images nettes d'objets différemment éloignés, il est nécessaire que cet organe contienne également une partie mobile. Ce rôle est joué par le *cristallin*, qui, situé un peu en arrière de la cornée, est presque entièrement couvert par l'iris brun ou bleu. Derrière l'ouverture ronde de l'iris, qui se nomme la *pupille*, le cristallin est à découvert et le bord de la pupille repose sur sa surface antérieure. Cependant, à cause de sa transparence extrême, le cristallin n'est pas visible dans les conditions ordinaires d'éclairage ; on n'aperçoit habituellement que le fond noir du globe de l'œil. Le cristallin est une lentille molle et élastique, très-transparente et convexe sur ses deux faces. Il est supporté, suivant sa circonférence, par un ligament plissé à la manière d'une collerette, nommé *zonule de Zinn*, et dont la tension peut être diminuée par le *muscle ciliaire*, muscle circulaire dont l'insertion fixe est voisine de la base de la cornée. Quand le muscle ciliaire se contracte, la traction exercée sur la périphérie du cristallin par la zonule venant à diminuer, cette lentille peut revenir sur elle-même par l'effet de son élasticité, et la convexité de ses surfaces augmente. Il en résulte un accroissement de puissance réfringente, et l'œil devient capable de tracer sur sa partie postérieure l'image d'objets plus rapprochés.

L'œil normal en état de repos voit distinctement les objets lointains ; la tension du muscle ciliaire l'accommode pour les objets voisins. Le mécanisme de l'accommodation, que je viens d'esquisser, était depuis Keppler une des plus grandes énigmes de l'ophthalmologie; la question était en même temps d'une grande importance pratique, à cause des nombreuses imperfections pathologiques de l'accommodation. Il n'existe aucune question d'optique sur laquelle on ait bâti autant de théories contradictoires. Le premier pas vers la solution est dû à l'oculiste anglais Sanson, auquel il faut reconnaître le mérite d'une finesse d'observation remarquable pour la découverte qu'il fit, à l'intérieur de la pupille, des faibles reflets lumineux formés par les deux surfaces du cristallin (fig. 10).

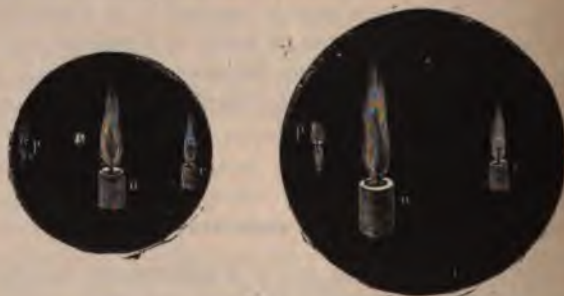


Fig. 10. Fig. 11.

Fig. 10. — Positions et grandeurs des images de Sanson dans la vue des objets rapprochés. — *a*. Image droite formée par la face antérieure du cristallin. — *p*. Image renversée formée par la face postérieure du cristallin. — *c*. Image droite formée par la cornée.

Fig. 11. — Positions et grandeurs relatives des images de Sanson dans la vue des objets éloignés. — Mêmes notations. — L'image *a* seule a grandi par suite de la dilatation de la pupille.

Ce phénomène, insignifiant en apparence et à peine perceptible, n'était visible que dans un endroit sombre, avec une forte

lumière venant de côté, et encore l'observateur devait-il se mettre à une place déterminée. Ces petites images de Sanson étaient destinées à répandre une grande lumière sur une partie obscure de la science. Elles sont en effet le premier signe auquel on ait pu reconnaître la présence du cristallin dans l'œil vivant. Sanson employa immédiatement ces reflets pour constater objectivement si le cristallin se trouve en place dans l'œil malade. M. Max Langenbeck remarqua, le premier, des changements subis par ces reflets pendant l'accommodation (fig. 10 et 11). Cette découverte fut employée simultanément par M. Cramer à Utrecht, et par moi-même, pour constater exactement tous les changements du cristallin pendant l'accommodation (fig. 12). On connaît l'instrument que les astronomes

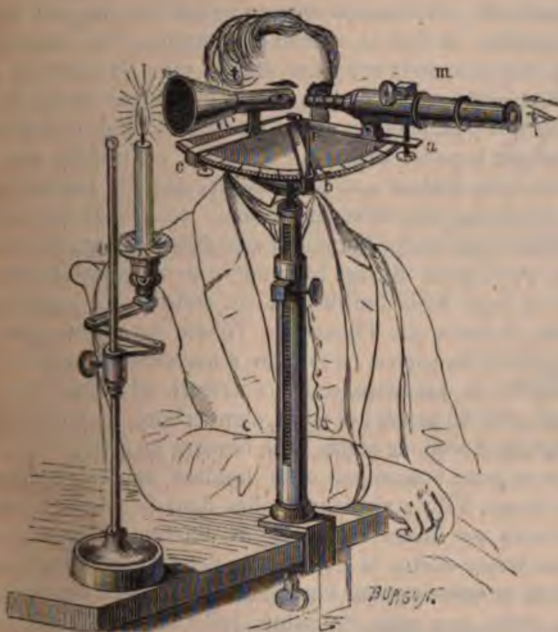


Fig. 12. — Appareil de M. Cramer pour mesurer les dimensions des images de Sanson.

emploient sous le nom d'héliomètre pour mesurer exactement, malgré la mobilité du ciel, les petites distances des étoiles entre elles. Je suis parvenu à appliquer le principe de cet héliomètre à la mensuration de l'œil en mouvement. L'ophthalmomètre construit à cet effet sert à mesurer sur l'œil vivant la courbure de la cornée, celles des deux surfaces du cristallin, ainsi que la distance entre ces deux surfaces, etc., avec plus d'exactitude qu'on n'a pu le faire jusqu'à présent, même sur l'œil mort, ce qui permet de déterminer la grandeur des changements de l'appareil optique, en tant qu'ils ont de l'influence sur l'accommodation.

Dès lors la question était résolue au point de vue physiologique. A ces recherches vinrent s'ajouter celles des oculistes, surtout celles de M. Donders, sur les défauts individuels de l'accommodation, qu'on nomme généralement la myopie et la presbytie. Il fallut instituer des méthodes qui permissent de déterminer avec précision le pouvoir d'accommodation des malades les moins exercés et les moins instruits. Il se trouva que, sous les noms de *myopie* et de *presbytie*, on avait confondu des états très-divers, ce qui avait rendu fort incertain le choix des lunettes (1). Des maladies très-opiniâtres, et que l'on considérait comme nerveuses, faute de savoir s'en rendre compte, s'expliquèrent tout simplement par l'existence de certains défauts de l'appareil accommodatif, et cédèrent rapidement à l'emploi de lunettes bien choisies. M. Donders a prouvé aussi que le strabisme est le plus souvent la conséquence de défauts de l'accommodation, tandis que M. de Graefe avait montré déjà que la myopie négligée et devenue progressive peut causer des distensions et des déformations maladives du fond de l'œil.

C'est ainsi que la science, en renouant d'une manière inattendue la chaîne des effets et des causes, a produit des résultats aussi utiles pour les malades qu'intéressants pour les physiologistes.

Il nous reste à parler de l'écran qui reçoit l'image optique formée dans l'œil : c'est la *rétine*, continuation mince et membraneuse du nerf optique, et qui forme la couche la plus intérieure des membranes tapissant le globe oculaire (fig. 13). Le

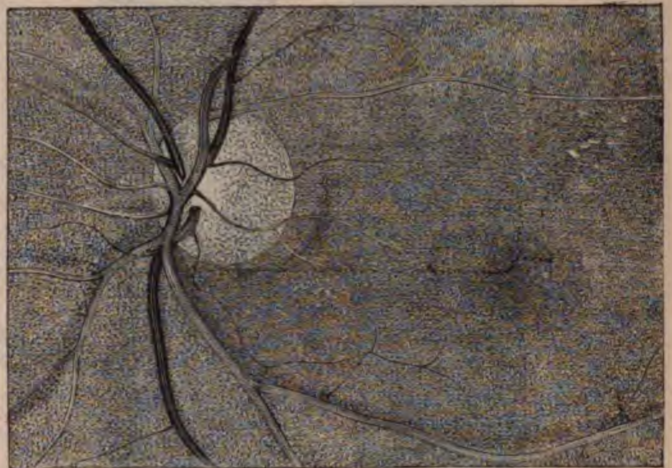


Fig. 13. — Rétine normale vue à l'ophthalmoscope. — On aperçoit les vaisseaux rayonnant du centre, et à droite la tache jaune.

nerf optique (voy. fig. 9) est un faisceau cylindrique, formé de fibres nerveuses très-fines, maintenues et protégées par une gaîne tendineuse très-résistante, qui pénètre dans le globe oculaire par sa partie postérieure un peu plus du côté nasal. A partir de ce point de pénétration, les fibres du nerf optique se répandent en rayonnant sur toutes les parties de la surface antérieure de la rétine. Les extrémités de ces fibres se rendent dans des formations singulières (fig. 14) : ce sont d'abord des cellules et des noyaux analogues à ceux qu'on rencontre dans la substance grise du cerveau ; puis, à la surface postérieure de la rétine, formant l'extrémité de la conduite nerveuse, une mosaïque régulière, composée de *bâtonnets* fins, cylindriques, et d'autres formations plus fortes, en forme de bouteilles, qu'on appelle *cônes*. Tous ces éléments sont pressés les uns contre les autres et situés perpendiculairement à la surface de la rétine ; les bâtonnets communiquent avec des fibres nerveuses extrêmement fines, les cônes avec des fibres plus fortes. Ainsi que le démontrent des expériences positives, cette mosaïque de

(1) Sur la myopie et la presbytie, voyez notre tome IV, page 251, 16 mai 1867.

bâtonnets et de cônes est celle des couches rétiniennes où réside la sensibilité lumineuse, c'est-à-dire que cette couche de la rétine est la seule où l'action de la lumière puisse produire une excitation nerveuse.

La rétine présente un endroit remarquable, situé un peu de son côté temporal, et non pas exactement en son milieu, comme on pourrait le supposer. On nomme cet endroit la *tache jaune* (*macula lutea*), à cause de sa couleur (voy. fig. 13); la rétine y présente une légère augmentation d'épaisseur. Une petite dépression (*fovea centralis*) occupe le milieu de cette tache; la membrane est très-mince en cet endroit, parce que sa composition y est réduite aux seuls éléments indispensables pour la vision exacte (fig. 15). Les cônes qui constituent

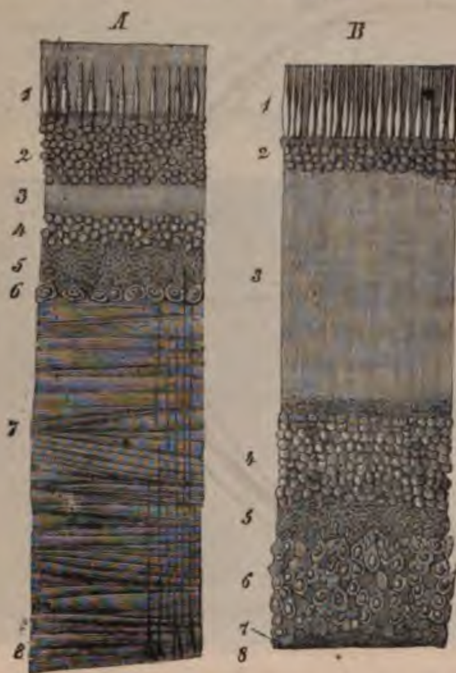


Fig. 14. Fig. 15.

Fig. 14. — Coupe perpendiculaire de la rétine de l'homme près du point d'entrée du nerf optique.

Fig. 15. — Coupe perpendiculaire de la rétine de l'homme faite sur la tache jaune, montrant l'augmentation de densité des bâtonnets.

1. Couche des bâtonnets et des cônes. — 2. Couche externe des granulations. — 3. Couche amorphe granuleuse intermédiaire aux deux couches des granulations. — 4. Couche interne des granulations. — 5. Couche granuleuse grise. — 6. Couche des cellules nerveuses multipolaires. — 7. Fibres du nerf optique. — 8. Membrane limite.

tuent la mosaïque régulière et serrée dont la petite dépression est tapissée, sont plus fins ($\frac{1}{400}$ de millimètre de diamètre) que dans les autres parties. Les autres éléments rétiniens plus ou moins imparfaitement transparents manquent ici, excepté les noyaux appartenant aux cônes, et les fibres nécessaires à l'union des cônes avec le reste de l'appareil nerveux. Les vaisseaux de la rétine ne pénètrent pas non plus dans la *fovea centralis;* leurs terminaisons entourent cette fossette d'une couronne d'anses capillaires extrêmement fines et déliées.

La fossette centrale est d'une grande importance pour la vision, parce que c'est l'endroit de la perception la plus exacte des distances. C'est ici que les cônes, ces derniers éléments sensibles à la lumière, sont le plus rapprochés les uns des autres. Nous pouvons admettre que chacun d'eux possède sa fibre nerveuse qui, par l'entremise du nerf optique, parvient isolément au cerveau pour y amener l'im qu'alors l'état d'excitation de chacun de ce ner lieu à une sensation isolée.

La formation des images optiques dans l pose sur ce fait que tous les rayons qui prov lumineux et pénètrent dans l'appareil subis à travers les lentilles, une réfraction telle *tous* de nouveau en un point unique. Tou gente produit le même effet. Laissons tom soleil sur une lentille convergente, et ten papier blanc plus en arrière, à une distan y a deux choses à remarquer : En premier blie ordinairement de dire, la lentille co une ombre comme ferait un corps opaque, composée de verre transparent; en second cette ombre, on voit un endroit éblouissa soleil. Par suite de la réfraction dans le ve aurait éclairé toute la surface, si l'on n'ava lentille qui y projette son ombre, se réunit occupé par la petite image du soleil; il lumière et la chaleur sont plus intenses da dans les rayons non réfractés du soleil. Au choisissons une source lumineuse sans *dime* telles que l'étoile Sirius; la lumière se *point* au foyer de la lentille. En cet endr éclairé, de sorte que l'image de l'étoile point éclairé du papier. La lumière d'une s voisine de la première, se concentrerait second point du papier; ce point, étant écla l'image de la seconde étoile. Si la lumière rouge, le point éclairé par cette lumière ment rouge. S'il y a plusieurs étoiles dans cune aura son image en un point diffé chaque image offrira la couleur de l'étoi Enfin si, au lieu de points lumineux isolés nous avons une suite de points brillan ligne ou une surface lumineuse, à cet o sur le papier une suite de points éclairés; lumière venant d'un point unique se conc *point* du papier, pourvu que cet écran soi placé. Chaque point du papier est éclairé la couleur qui lui conviennent, et ne reç mière qu'émettent les points de l'objet aux pond pas.

Remplaçons notre écran par une glace ph sibilisée; la surface préparée subit partout par l'effet de la lumière qui lui parvient. Mai pénètre dans l'instrument, chaque point de reçoit *toute* celle et *rien que* celle qui provie pondant de l'objet, et est éclairé, par con intensité proportionnelle à celle de l'objet. L gement produit sur la glace sensibilisée est rapport avec l'intensité chimique de la lu correspondantes de l'objet.

Les choses se passent absolument de la m l'œil; seulement les lentilles de verre sont cornée et le cristallin, l'écran ou la glace s rétine (fig. 16). Quand il se forme une image la rétine, chaque cône rétinien r exclusi qui provient d'un élémen du champ de vision (fig. 17)

ée que par la lumière de cet élément correspondant n'en sent pas d'autre, tandis que la lumière des nts du champ de vision excite d'autres fibres.

ır ce procédé que la lumière de chaque point du vision produit une sensation isolée, et que l'inten- ou différente des divers points du champ de vision distinguée et séparée dans la sensation, enfin que ssions différentes peuvent parvenir à être perçues .

on compare l'œil avec un instrument d'optique ue, on est frappé tout d'abord de sa supériorité 'étendue du champ de vision. Chaque œil embrasse

c'est-à-dire à la surface couverte par l'ongle de l'index, lorsque le bras est étendu autant que possible. Dans cette petite partie du champ de vision, la perception est assez exacte pour permettre de distinguer deux points éloignés l'un de l'autre d'une minute, la soixantième partie de la largeur de l'ongle tenu comme il vient d'être dit. Cette distance correspond à la largeur d'un cône de la rétine. Toutes les autres parties de l'image rétinienne sont vues plus indistinctement, et cela d'autant plus, qu'elles se rapprochent davantage des limites de la rétine. L'image reçue par l'œil est donc comparable à un dessin dont la partie centrale serait très-finement achevée, tandis que le reste ne serait que grossièrement esquissé.

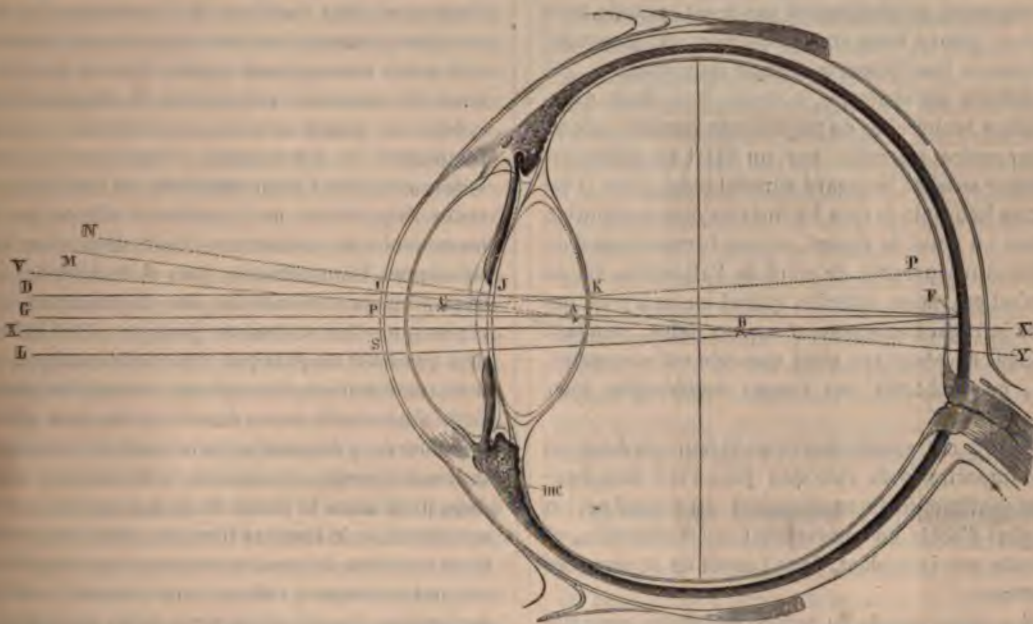


Fig. 16. — Figure schématique de l'œil montrant la réunion, en un point très-voisin de la rétine, des rayons lumineux parallèles.

XX. Axe de l'œil. — DI,GP,LS. Rayons parallèles à l'axe. — F. Leur point de réunion sur la rétine. — A. Centre de courbure sphérique de la cornée. — B. Centre de courbure sphérique de la face antérieure du cristallin. — C. Centre de courbure sphérique de la face postérieure. — La ligne pointillée montre le changement de forme du cristallin pour s'accommoder à la vision des objets rapprochés.

roite à gauche près de deux angles droits (160 degrés de te à gauche et 120 degrés de haut en bas), et réunis ils assent même un peu plus de deux angles droits dans le horizontal. Le champ de vision de nos instruments arti-



.—Figure montrant que chaque point lumineux va se peindre en un point unique de la rétine.

ils est généralement très-petit, et cela d'autant plus que ment est plus considérable. Mais il faut remar- nous exigeons de l'instrument une exactitude l'image dans toute son étendue, tandis que ne ne réclame nde netteté que pour cupée p me. Le diamètre de le ch un degré environ,

Si nous ne voyons distinctement à la fois qu'une très-petite partie de ce qui nous entoure, en revanche, avantage que ne présentent pas les lunettes, l'œil permet d'embrasser une assez grande étendue de l'espace avec assez de netteté pour ne pas laisser échapper les objets remarquables et encore moins les changements qui peuvent survenir dans le champ de vision. Mais si les objets sont trop petits, nous cessons de pouvoir les distinguer avec les parties latérales de la rétine. L'alouette que nous entendons chanter, « perdue dans le bleu de l'espace » (Gœthe), est en effet perdue pour nous tant que nous ne parvenons pas à amener son image sur la *fovea* ; mais alors nous pouvons l'apercevoir.

Porter le regard sur un objet, veut dire : placer l'œil de manière que l'objet se peigne sur l'endroit de la vision la plus distincte. Regarder ainsi s'appelle aussi faire usage de la *vision directe*, par opposition avec la *vision indirecte*, qui s'exerce à l'aide des parties latérales de la rétine.

Le peu de précision de l'image et le nombre restreint des éléments sensibles de la rétine dans la plus grande partie du champ de vision sont largement compensés par la mobilité extrême de l'œil, qui nous permet de diriger successivement

bâtonnets et de cônes est celle des couches rétiniennes où réside la sensibilité lumineuse, c'est-à-dire que cette couche de la rétine est la seule où l'action de la lumière puisse produire une excitation nerveuse.

La rétine présente un endroit remarquable, situé un peu de son côté temporal, et non pas exactement en son milieu, comme on pourrait le supposer. On nomme cet endroit la *tache jaune* (*macula lutea*), à cause de sa couleur (voy. fig. 13); la rétine y présente une légère augmentation d'épaisseur. Une petite dépression (*fovea centralis*) occupe le milieu de cette tache; la membrane est très-mince en cet endroit, parce que sa composition y est réduite aux seuls éléments indispensables pour la vision exacte (fig. 15). Les cônes qui constituent la mosaïque régulière et serrée dont la petite dépression est tapissée, sont plus fins ($\frac{1}{400}$ de millimètre de diamètre) que dans les autres parties. Les autres éléments rétiniens plus ou moins imparfaitement transparents manquent ici, excepté les noyaux appartenant aux cônes, et les fibres nécessaires à l'union des cônes avec le reste de l'appareil nerveux. Les vaisseaux de la rétine ne pénètrent pas non plus dans la *fovea centralis;* leurs terminaisons entourent cette fossette d'une couronne d'anses capillaires extrêmement fines et déliées.



Fig. 14. Fig. 15.

Fig. 14. — Coupe perpendiculaire de la rétine de l'homme près du point d'entrée du nerf optique.

Fig. 15. — Coupe perpendiculaire de la rétine de l'homme faite sur la tache jaune, montrant l'augmentation de densité des bâtonnets.

1. Couche des bâtonnets et des cônes. — 2. Couche externe des granulations. — 3. Couche amorphe granuleuse intermédiaire aux deux couches des granulations. — 4. Couche interne des granulations. — 5. Couche granuleuse grise. — 6. Couche des cellules nerveuses multipolaires. — 7. Fibres du nerf optique. — 8. Membrane limite.

La fossette centrale est d'une grande importance pour la vision, parce que c'est l'endroit de la perception la plus exacte des distances. C'est ici que les cônes, ces derniers éléments sensibles à la lumière, sont le plus rapprochés les uns des autres. Nous pouvons admettre que chacun d'eux possède sa fibre nerveuse qui, par l'entremise du nerf optique, parvient isolément au cerveau pour y amener l'impression reçue, et qu'alors l'état d'excitation de chacun de ces cônes peut donner lieu à une sensation isolée.

La formation des images optiques dans la *chambre noire* repose sur ce fait que tous les rayons qui proviennent d'un point lumineux et pénètrent dans l'appareil subissent, à leur passage à travers les lentilles, une réfraction telle qu'ils se réunissent *tous* de nouveau en un point unique. Toute lentille convergente produit le même effet. Laissons tomber des rayons de soleil sur une lentille convergente, et tenons une feuille de papier blanc plus en arrière, à une distance convenable; il y a deux choses à remarquer : En premier lieu, ce qu'on oublie ordinairement de dire, la lentille convergente projette une ombre comme ferait un corps opaque, bien qu'elle soit composée de verre transparent; en second lieu, au milieu de cette ombre, on voit un endroit éblouissant, c'est l'image du soleil. Par suite de la réfraction dans le verre, la lumière qui aurait éclairé toute la surface, si l'on n'avait pas interposé la lentille qui y projette son ombre, se réunit à l'endroit brillant occupé par la petite image du soleil; il en résulte que la lumière et la chaleur sont plus intenses dans cet endroit que dans les rayons non réfractés du soleil. Au lieu de cet astre, choisissons une source lumineuse sans *dimensions appréciables*, telles que l'étoile Sirius; la lumière se réunit alors en un *point* au foyer de la lentille. En cet endroit, le papier est éclairé, de sorte que l'image de l'étoile est donnée par un point éclairé du papier. La lumière d'une seconde étoile fixe, voisine de la première, se concentrerait de même en un second point du papier; ce point, étant éclairé, fournira donc l'image de la seconde étoile. Si la lumière de cette étoile est rouge, le point éclairé par cette lumière apparaît évidemment rouge. S'il y a plusieurs étoiles dans le voisinage, chacune aura son image en un point différent du papier, et chaque image offrira la couleur de l'étoile correspondante. Enfin si, au lieu de points lumineux isolés comme des étoiles, nous avons une suite de points brillants constituant une ligne ou une surface lumineuse, à cet objet correspondra sur le papier une suite de points éclairés; ici encore *toute* la lumière venant d'un point unique se concentrera en *un seul point* du papier, pourvu que cet écran soit convenablement placé. Chaque point du papier est éclairé avec l'intensité et la couleur qui lui conviennent, et ne reçoit *rien* de la lumière qu'émettent les points de l'objet auxquels il ne correspond pas.

Remplaçons notre écran par une glace photographique sensibilisée; la surface préparée subit partout des modifications par l'effet de la lumière qui lui parvient. Mais, de la lumière qui pénètre dans l'instrument, chaque point de la surface sensible reçoit *toute* celle et *rien que* celle qui provient du point correspondant de l'objet, et est éclairé, par conséquent, avec une intensité proportionnelle à celle de l'objet. La valeur du changement produit sur la glace sensibilisée est donc partout en rapport avec l'intensité chimique de la lumière des parties correspondantes de l'objet.

Les choses se passent absolument de la même manière dans l'œil; seulement les lentilles de verre sont remplacées par la cornée et le cristallin, l'écran ou la glace sensibilisée, par la rétine (fig. 16). Quand il se forme une image optique nette sur la rétine, chaque cône rétinien reçoit exclusivement la lumière qui provient d'un élément superficiel relativement petit du champ de vision (fig. 17); la fibre nerveuse de chaque cône

xcitée que par la lumière de cet élément correspondant e et n'en sent pas d'autre, tandis que la lumière des points du champ de vision excite d'autres fibres.

t par ce procédé que la lumière de chaque point du de vision produit une sensation isolée, et que l'inten- ;ale ou différente des divers points du champ de vision tre distinguée et séparée dans la sensation, enfin que pressions différentes peuvent parvenir à être perçues ent.

nd on compare l'œil avec un instrument d'optique ;nque, on est frappé tout d'abord de sa supériorité à l'étendue du champ de vision. Chaque œil embrasse

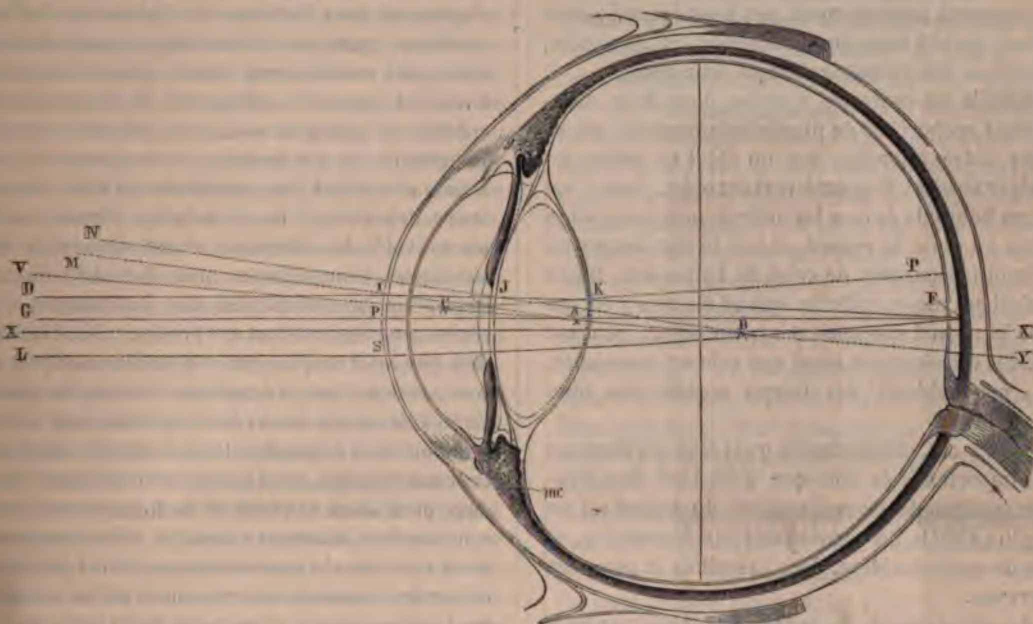


FIG. 16. — Figure schématique de l'œil montrant la réunion, en un point très-voisin de la rétine, des rayons lumineux parallèles.

XX. Axe de l'œil. — DI,GP,LS. Rayons parallèles à l'axe. — F. Leur point de réunion sur la rétine. — A. Centre de courbure sphérique de la cornée. — B. Centre de courbure sphérique de la face antérieure du cristallin. — C. Centre de courbure sphérique de la face postérieure. — La ligne pointillée montre le changement de forme du cristallin pour s'accommoder à la vision des objets rapprochés.

ite à gauche près de deux angles droits (160 degrés de à gauche et 120 degrés de haut en bas), et réunis ils ssent même un peu plus de deux angles droits dans le orizontal. Le champ de vision de nos instruments arti-



— Figure montrant que chaque point lumineux va se peindre en un point unique de la rétine.

est généralement très-petit, et cela d'autant plus que ssissement est plus considérable. Mais il faut remar- que nous exigeons de l'instrument une exactitude ète de l'image dans toute son étendue, tandis que e rétinienne ne réclame une grande netteté que pour te étendue occupée par la tache jaune. Le diamètre de ea répond, dans le champ de vision, à un degré environ, c'est-à-dire à la surface couverte par l'ongle de l'index, lorsque le bras est étendu autant que possible. Dans cette petite partie du champ de vision, la perception est assez exacte pour permettre de distinguer deux points éloignés l'un de l'autre d'une minute, la soixantième partie de la largeur de l'ongle tenu comme il vient d'être dit. Cette distance correspond à la largeur d'un cône de la rétine. Toutes les autres parties de l'image rétinienne sont vues plus indistinctement, et cela d'autant plus, qu'elles se rapprochent davantage des limites de la rétine. L'image reçue par l'œil est donc comparable à un dessin dont la partie centrale serait très-finement achevée, tandis que le reste ne serait que grossièrement esquissé.

Si nous ne voyons distinctement à la fois qu'une très-petite partie de ce qui nous entoure, en revanche, avantage que ne présentent pas les lunettes, l'œil permet d'embrasser une assez grande étendue de l'espace avec assez de netteté pour ne pas laisser échapper les objets remarquables et encore moins les changements qui peuvent survenir dans le champ de vision. Mais si les objets sont trop petits, nous cessons de pouvoir les distinguer avec les parties latérales de la rétine. L'alouette que nous entendons chanter, « perdue dans le bleu de l'espace » (Gœthe), est en effet perdue pour nous tant que nous ne parvenons pas à amener son image sur la *fovea ;* mais alors nous pouvons l'apercevoir.

Porter le regard sur un objet, veut dire : placer l'œil de manière que l'objet se peigne sur l'endroit de la vision la plus distincte. Regarder ainsi s'appelle aussi faire usage de la *vision directe*, par opposition avec la *vision indirecte*, qui s'exerce à l'aide des parties latérales de la rétine.

Le peu de précision de l'image et le nombre restreint des éléments sensibles de la rétine dans la plus grande partie du champ de vision sont largement compensés par la mobilité extrême de l'œil, qui nous permet de diriger successivement

ce phénomène, qui les inquiète comme une apparition nouvelle, quoique la présence de ces objets dans leur corps vitré soit bien antérieure à leur maladie.

Quand on connaît l'histoire du développement du globe oculaire chez l'embryon de l'homme et des vertébrés en général, ces irrégularités dans la structure de la lentille et du corps vitré s'expliquent d'elles-mêmes. Il se forme sur la peau extérieure de l'embryon une dépression qui se creuse ensuite en forme de bouteille ; puis le col de la bouteille finit par se boucher entièrement. Dans ce petit sac fermé, les cellules épidermiques se réunissent pour constituer la substance de la lentille ; la peau elle-même forme la capsule du cristallin, et le tissu connectif sous-cutané donne le corps vitré. La cicatrice d'occlusion du sac reste souvent encore visible entoptiquement chez l'adulte.

Nous ne pouvons enfin passer sous silence certaines irrégularités du fond sur lequel se peint l'image optique de l'œil. D'abord la rétine présente une lacune, non loin du milieu du champ de vision, à l'endroit où le nerf optique pénètre dans l'œil. En cet endroit, toute la substance de la membrane est formée de fibres du nerf optique; les véritables éléments sensibles à la lumière, les cônes, font complétement défaut. C'est pourquoi la lumière qui tombe sur cet endroit n'est pas sentie. A cette lacune dans la mosaïque des cônes, qui porte le nom de *tache aveugle*, répond, dans le champ de la vision, une région dans l'étendue de laquelle on n'aperçoit rien. Cette lacune est loin d'être insignifiante : elle mesure 6 degrés dans le sens horizontal et 8 dans le sens vertical; son bord interne, celui qui est le plus voisin du point de fixation, est situé du côté temporal de ce point, à une distance de 12 degrés environ. Le procédé le plus facile à employer pour observer la tache aveugle est très-généralement connu. Dessinons sur un papier blanc, à gauche une petite croix, à droite, sur la même ligne horizontale, et à une distance de trois pouces environ, une tache noire, ronde, mesurant un demi-pouce de diamètre. Fermons l'œil gauche, et regardons constamment avec l'œil droit la petite croix, en approchant lentement le papier tenu d'abord à une assez grande distance. A la distance de onze pouces environ, on voit disparaître la tache noire; elle reparaît quand on rapproche le papier davantage.

La lacune est assez grande pour contenir onze lunes rangées en file horizontale, ou un visage humain éloigné de six à sept pieds. Mariotte, qui découvrit ce phénomène, amusa beaucoup le roi Charles II d'Angleterre et ses courtisans, en leur montrant la manière de se voir mutuellement sans tête.

Un certain nombre de petites lacunes allongées, dans lesquelles on peut faire disparaître des points lumineux plus petits, tels que des étoiles fixes, répondent aux gros troncs vasculaires de la rétine. Les vaisseaux sont en effet situés dans les couches antérieures de cette membrane, et jettent, par conséquent, leur ombre sur les parties de la mosaïque sensible à la lumière qui sont situées derrière eux. Les gros troncs empêchent complétement la lumière de pénétrer; les plus minces ont au moins pour effet de l'affaiblir. Dans certaines conditions, ces ombres des vaisseaux rétiniens peuvent apparaître dans le champ de la vision. Il suffit, par exemple, de regarder la surface lumineuse du ciel à travers un petit trou d'épingle pratiqué dans une carte à laquelle on donne un léger mouvement de va-et-vient continuel. Il est mieux encore de concentrer, au moyen d'une petite lentille, la lumière du
soleil sur la sclérotique, près de l'angle externe de l'œil, pe
dant qu'on regarde fortement en dedans. Les vaisseaux do
nous nous occupons sont situés dans les couches antérieu
de la rétine ; or, comme leur ombre ne peut être perç
que lorsqu'elle atteint la couche véritablement sensil
à la lumière, l'expérience que nous venons de faire démou
que la sensibilité lumineuse réside dans les couches pos
rieures de la rétine. Ce phénomène des ombres vasculaire
même permis de mesurer la distance entre la couche sensil
et les couches vasculaires de la rétine. En effet, quand on
place un peu le foyer de la lumière concentrée sur la sclé
tique, l'ombre se déplace aussi sur la rétine, et la même ch
a lieu pour l'ombre correspondante dans le champ de la visi
La grandeur de ces déplacements est facile à mesurer, et c'
par ce moyen que Henri Müller, de Würzburg, trop tôt enle
à la science, a calculé la distance dont nous avons parlé pl
haut, et l'a trouvée égale à celle qui sépare la couche vasc
culaire et celle des cônes.

Il est un rapport sous lequel l'endroit de la vision la pl
nette se distingue d'une manière désavantageuse : la sen
bilité pour la lumière faible est moindre que sur le reste
la rétine. On sait depuis les temps les plus reculés qu'un c
tain nombre d'étoiles faiblement lumineuses, telles que la Ch
velure de Bérénice et les Pléiades, se voient mieux lorsqu'
détourne un peu le regard que lorsqu'on les fixe directeme
On peut démontrer que cela tient en partie à la coloration
la tache jaune, dont l'effet est d'affaiblir surtout la lumiè
bleue; mais l'absence de vaisseaux en cet endroit, absen
dont nous avons déjà parlé plus haut, peut y contribuer aus
parce qu'il en résulte un obstacle à la circulation du sang.

Toutes ces irrégularités seraient insupportables dans u
chambre noire artificielle ou dans les photographies fourni
par cet instrument. Dans l'œil, elles sont si peu gênantes, q
quelques-unes d'entre elles ont même été très-difficile
découvrir. Si elles ne troublent point la perception des obj
extérieurs, cela ne tient pas seulement à ce que nous voyo
des deux yeux et que les lacunes d'un œil peuvent être co
blées par l'autre. En effet, même pour la vision monoculai
et chez les borgnes, la représentation du champ de la vision
exempte du trouble que les irrégularités du fond de l'
pourraient causer. La raison principale de cette immun
réside ici encore dans les mouvements perpétuels de l'œil
dans cette circonstance que les défauts occupent presque e
clusivement les parties du champ de vision sur lesquelles no
ne portons pas notre attention.

Si nous remarquons avec tant de peine les phénomènes do
nous venons de parler et d'autres, tels que les images a
cidentelles d'objets clairs, tant qu'elles ne sont pas ass
intenses pour empêcher la perception d'objets extérieurs, c'
là une singularité de nos perceptions qui semble paradoxal
et qui n'existe pas seulement pour la vision mais se retrou
également dans les autres sens. L'histoire de la découver
de ces phénomènes est très-propre à montrer combien ils so
difficiles à saisir. Quelques-uns, tels que la tache aveugle, o
été découverts par des spéculations théoriques. La long
discussion sur la question de savoir si la sensibilité lumineu
réside dans la rétine ou dans la choroïde conduisit Mariotte
se demander comment se comporte la sensibilité à l'endro
où la choroïde manque. Les expériences qu'il institua à c
effet lui firent découvrir la lacune du champ de vision. Pe
dant des milliers d'années, les hommes s'étaient servis

eux ; beaucoup avaient réfléchi sur les effets et le mé- e de la vision, et il fallut tout un enchaînement de cir- ces pour faire découvrir un phénomène tellement qu'on s'attendrait à le voir tomber immédiatement sens. Loin de là, toute personne qui fait pour la re fois des expériences sur la tache aveugle éprouve rtaine difficulté à tenir les yeux immobiles tout en por- ttention sur un autre point que le point de fixation du Ce n'est même qu'après des exercices répétés que l'ob- ur le plus habile peut parvenir, en fermant un œil, à aître aussitôt l'endroit du champ de vision où se trouve ne. D'autres phénomènes analogues ont été décou- ar hasard, surtout par des hommes doués tout parti- ment de la nature d'attention que ces recherches exi- Citons en première ligne Gœthe, Purkinje et Jean Retrouver dans ses propres yeux un de ces phéno- déjà décrits est bien plus facile que d'en découvrir veau ; cependant une grande partie des phénomènes crit Purkinje n'ont pas été revus par d'autres que lui, 'on puisse prétendre avec certitude qu'ils étaient par- s aux yeux de cet éminent observateur.

hénomènes dont nous venons de parler et un nombre rable d'autres sont soumis à cette règle générale, qu'un ment dans le degré d'excitation d'un nerf sensible oit bien plus facilement qu'une excitation constante et ble. Il résulte de cette règle que celles des particula- ns l'excitation de certaines fibres qui sont les mêmes t toute la vie,—comme, par exemple, les ombres vas- s dans l'œil, la coloration jaune du milieu de la rétine upart des objets entoptiques immobiles, — échappent ment à l'observation, et que, pour les faire apparaître, avoir recours à un éclairage insolite, dont il est sur- tile de faire constamment varier la direction.

rès ce que nous savons, jusqu'à présent, de l'excitation se, il me semble très-peu probable qu'il s'agisse ici ur phénomène de sensation ; je crois plutôt que c'est nomène d'attention. La solution de cette question ne a sa place que plus loin.

ne nous appesantirons pas davantage sur les fonctions ues de l'œil. Si l'on me demande pourquoi j'ai tant e ses imperfections, je répéterai que cela n'a pas été précier ce petit organe et le frustrer de l'admiration érite. Je tenais seulement à démontrer tout d'abord n'est pas à la perfection mécanique des organes des 'il faut attribuer la fidélité et l'exactitude merveilleuse pressions qu'ils fournissent. Je vous montrerai bientôt ongruences plus paradoxales et plus hardies encore.

avons constaté jusqu'à présent que l'œil n'est point -même un instrument d'optique aussi parfait qu'il le d'abord, et qu'il ne nous rend de si bons services que manière spéciale dont nous nous en servons. Sa perfection ement pratique et nullement absolue ; elle ne consiste ce que tous les défauts ont été évités, mais en ce que uts qui existent ne s'opposent pas aux applications les les et les plus variées.

ce rapport, l'étude de l'œil nous permet de scruter lément le caractère de la perfection organique en , et l'intérêt de ces recherches augmente quand on les rapport avec les idées si vastes et si hardies que Dar- nt d'introduire dans la science relativement au carac- perfectionnement progressif des organes. Partout où nous étudions les formations organiques, nous retrouvons le même caractère d'appropriation au but à atteindre, mais c'est peut-être dans l'œil qu'on peut, mieux que partout ailleurs, reconnaître les limites de cette appropriation. L'œil nous offre tous les défauts que peuvent présenter les instruments d'optique, et même quelques-uns que nous ne tolérerions pas dans ces instruments ; mais ces défauts sont tous maintenus dans des limites telles, que l'inexactitude qu'ils communiquent à l'image ne surpasse guère, dans les conditions ordinaires d'éclairage, la limite imposée à la finesse de la perception par la finesse des cônes sensibles à la lumière. En observant au contraire sous des conditions un peu différentes, on remarque la dispersion, l'astigmatisme, les lacunes, les ombres vasculaires, la transparence imparfaite des milieux, etc.

Ainsi, l'appropriation de l'œil à son but existe de la manière la plus parfaite et se révèle même dans la limite posée à ses défauts. Ce que le travail d'une innombrable suite de générations a pu produire sous l'influence de la loi d'hérédité de Darwin arrive ici au même résultat que l'œuvre créée par une sagesse infinie. Un homme raisonnable ne prendra pas un rasoir pour fendre des bûches ; nous pouvons admettre de même que chaque raffinement inutile dans la construction optique de l'œil aurait rendu cet organe plus délicat et plus lent dans son développement. Nous ne devons pas oublier non plus que des tissus animaux, mous et imbibés d'eau, sont des matériaux ingrats pour construire un instrument de physique.

Cet état de choses a pour conséquence que la perception ne se fait nettement et sans obstacle qu'en promenant notre regard dans le champ de vision de la manière dont nous avons déjà parlé, circonstance dont l'importance ressortira par la suite. Nous examinerons aussi plus tard d'autres circonstances qui agissent dans le même sens.

Au point où nous sommes arrivés, nous ne paraissons pas encore avoir beaucoup avancé la question de savoir comment se fait la vision. Tout ce que nous avons appris, c'est comment l'appareil d'optique de l'œil débrouille la lumière qui lui arrive des différents points du champ de vision, et la distribue de manière à livrer à une fibre sensible unique tout ce qui provient d'un point extérieur unique.

H. Helmholtz,
Professeur à l'université de Heidelberg.

— Traduit de l'allemand par le Dr E. Javal. —

— La suite prochainement. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
de l'Institut

XXXVI

L'unité de l'espèce humaine : Réponse aux objections polygénistes. — Actions de milieu.

La leçon précédente vous a montré que la plupart des polygénistes n'ont aucune idée, ou n'ont, du moins, qu'une idée

(1) Voyez notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des 9 mai, 6, 13 juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12, 26 septembre, 3, 10, 17 octobre 1868 ; — et le présent volume, pages 85, 122, 184 et 201, 9 et 23 janvier, 20 et 27 février 1869.

très-confuse de l'espèce. En effet, tandis que les uns la nient de la manière la plus absolue, d'autres la confondent avec la race et la variété.

Il est une seconde notion qui d'ordinaire ne leur manque guère moins : c'est celle des actions de milieu. Ou bien ils les nient sans réserve, ou bien ils les atténuent outre mesure et en méconnaissent complétement la signification.

Un fait général vous prouvera combien est porté loin ce défaut de notions précises, et combien ceux qui traitent aussi légèrement les actions de milieu ont en définitive peu étudié la question.

Presque tous les polygénistes, oubliant l'école de Buffon, ne voient dans ceux qui les combattent que des disciples de Cuvier. Ils leur opposent Lamarck et Geoffroy. Ils ne manquent pas d'exalter ces deux illustres naturalistes, et, après avoir dit qu'eux du moins ont osé secouer le joug des préjugés et émancipé la science, ils se déclarent leurs disciples. Mais ils ne s'aperçoivent pas que les principes des maîtres qu'ils se donnent condamnent leurs propres doctrines sur le point fondamental des actions de milieu. En effet, Lamarck et Geoffroy ont proclamé l'un et l'autre la puissance modificatrice du milieu. Pour ce qui est de Geoffroy, il suffit de rappeler ses discussions ardentes avec Cuvier. Quant à Lamarck, on peut se borner à citer le titre du chapitre VII de sa *Philosophie zoologique*. Voici cet intitulé : « De l'influence des circonstances sur les actions et les habitudes des animaux, et de celle des actions et des habitudes de ces corps vivants comme causes qui modifient leur organisation et leurs parties. »

Il est inutile de lire le chapitre qui suit pour comprendre l'influence que Lamarck attribue aux actions du milieu. Il fait intervenir, il est vrai, l'habitude comme rouage intermédiaire jouant de son côté un grand rôle, le rôle immédiat, peut-on dire.

Mais ailleurs on voit qu'il admet très-bien l'action du milieu agissant seul et imprimant certaines modifications directes aux animaux sur lesquels il pèse. Aussi on peut dire qu'à des nuances près, Buffon, Lamarck et Geoffroy appartiennent à la même grande école.

Eh bien, à peu près tous les polygénistes, quoique se disant les disciples des deux derniers, nient les actions du milieu et les modifications morphologiques qui en résultent, sans remarquer la contradiction dans laquelle ils tombent C'est qu'en général les polygénistes ne sont pas naturalistes et n'ont pas fait les études spéciales qui permettent ici de connaître et de juger les faits.

Quant aux procédés qu'ils emploient pour soutenir leurs doctrines, ils se sont nettement manifestés à la société d'anthropologie dans une longue et complète discussion portant précisément sur les actions de milieu. Constatons, avant d'en rendre compte, qu'on a encore opposé à ceux qui admettent ces actions la fin de non-recevoir que je vous signalais dans ma dernière leçon. On a dit qu'il n'y avait là « qu'une induction nécessitée par les besoins de la thèse monogéniste », fondée elle-même sur le dogme joint à des idées préconçues.

Je ne reviendrai pas sur les observations que je vous ai déjà présentées, relativement à cette manière d'argumenter.

J'ajoute que les polygénistes commettent de plus, dans la question qui nous occupe, une erreur historique facile à constater. Ils oublient que Cuvier et Lamarck étaient également monogénistes ; or, tandis que le premier niait et atténuait les actions de milieu, le second leur attribuait un rôle

considérable. Bory Saint-Vincent, à qui personne
tera sans doute le titre de polygéniste, puisque le
porta à quinze le nombre des espèces d'hommes, ad
génération spontanée des espèces, leur caractéris
gressive et leur fixation sous l'influence du milieu.
donc combien peu il y a de rapport entre les convi
matiques et la notion dont il s'agit ici. J'ai hâte d
des considérations plus sérieuses.

En analysant avec soin cette discussion capitale
ciété d'anthropologie, dans le courant de laquell
expliqués avec plus ou moins de netteté une foule
distingués s'appuyant sur les données les plus diver
présentant les ordres de connaissances les plus var
frappé d'une chose : c'est qu'il n'y a aucun de nos a
qui aille jusqu'à nier d'une manière absolue les
milieu. En réalité, le fait est trop évident, qu'il s'
végétaux, des animaux ou des hommes. Mais, en
tous atténuent considérablement d'abord les phéno
eux-mêmes, puis leur signification.

Même pour les animaux domestiques, obligés pa
des choses de constater les changements extérieurs
de proportion et de couleur, ils affirment que ces
importent peu et qu'elles ne touchent pas au fond d
Quant aux changements anatomiques, ils les ni
lument. Or, sans sortir des faits dont les polygéniste
bien nous accorder la réalité, vous comprenez imméd
qu'un changement de taille porte sur l'être entier et
feste à l'intérieur par des différences anatomiques ;
dit ou diminue à la fois. En outre, des systèmes o
entiers peuvent être atteints.

Je vous ai dit, en effet, que le durham, comparé à
première, présente un grand développement des
graisseux et musculaires, ainsi qu'une réduction co
du système osseux. En sorte qu'au point de vue an
le durham diffère essentiellement du tees-water. O
précisément des modifications anatomiques qui en
race précieuse pour l'homme.

De son côté, Knight se charge de faire acquérir
à un pigeon tel genre de bec qu'on lui demandera,
difications dont il parle ne portent pas seulement su
cornée, mais sur les maxillaires eux-mêmes ; c'
une variation du squelette qu'il réalise à son gré.

Dans ces exemples, il n'est question cependant qu
vulgaires qui résultent d'influences que l'homme diri
siblement. Mais je vous ai parlé aussi des phénom
remarquables qui paraissent se rapporter à je ne sa
action indirecte de l'homme, et dont, en somme,
nous est encore inconnue.

Vous vous rappelez l'apparition de ces bœufs, de ce
et de ces moutons sans cornes. Certes l'atteinte p
squelette et au système vasculaire lui-même est ici
sible. Au lieu de ces deux noyaux osseux largemen
de sang, qui, dans le squelette du bœuf ordinaire, se
des deux côtés de la tête, on voit apparaître sur le so
crâne une accumulation de matière osseuse telle,
caractère venait à s'exagérer quelque peu, on croira
bœuf n'ayant qu'une corne au milieu du front. Aus
trai-je pas en doute, si jamais on démontrait l'existe
prétendue licorne, qu'il s'agit d'un bœuf ou d'une ch
métamorphosés.

C'est encore la tête qui s'est modifiée chez les co

és; leur boîte crânienne, à la différence de celle des
rdinaires, est incomplète, et présente une solution de
té recouverte, chez l'animal vivant, par une mem-
tanée; d'autre part, le crâne a pris la forme bilobée,
veau a forcément subi un changement de conforma-
espondant.

le système nerveux central et le squelette ont éprouvé
s des modifications considérables. N'est-ce pas là
tomie? Certes, si l'on venait à découvrir un groupe
d'hommes ayant le crâne et le cerveau aussi
ment conformés que ceux des poules en question; si
aractères venait se joindre quelque équivalent de la
, ne serait-ce pas pour les polygénistes une espèce cent
us distincte que toutes celles qui existent, suivant eux?
rai autant du bœuf gnato. Mais comme on a nié ou
é à dénaturer, en les atténuant, les particularités si
ntes qu'il présente, vous me permettrez d'entrer dans
es détails de plus à son sujet, et même de reproduire
rt historique de cette race.

prétendu que ce bœuf gnato, dont je vous ai dépeint
onomie si étrange, n'a jamais existé à l'état de race.
n réponse à cette allégation, le témoignage de Lacor-
ujourd'hui professeur de l'université de Bruxelles. A
ur de l'Amérique du Sud, il décrivit les différents
qui peuplent les pampas de la Plata. Je lis à la suite
énumération : « Il existe, en outre, une variété con-
qui se distingue de la race ordinaire par une taille moins
des formes plus trapues, et surtout par la tête, qui est
ée, avec un mufle en quelque sorte écrasé. On appelle
uf de cette espèce, *gnato* (camard). Quelques personnes
ulu faire de cette variété une espèce distincte et propre
s; mais, comme on connaît très-bien l'époque à la-
le bétail y a été introduit, et jusqu'au nom des indi-
qui en amenèrent pour la première fois quelques têtes
ésil, il ne peut y avoir de doute à cet égard. » Lacor-
crivait en 1833. En 1845, Darwin donnait des détails
plicites encore. Dans le croisement du gnato avec les
rdinaires, les produits se partagent ordinairement pour
mblance avec leurs parents; en outre, le produit des
ufs gnatos est toujours de même forme.

imal constitue donc bien ce que Lacordaire appelait
été constante, c'est-à-dire une race.

lant on insiste sur ce que M. Martin de Moussy, étant
le même pays, n'en a point vu. Il est vrai de dire qu'il
s cherché! D'ailleurs, M. Levasseur a très-bien expli-
circonstance : il naît de temps à autre des gnatos
ons de Buenos-Ayres, mais on les tue régulièrement,
hui que dans les estancias on s'occupe de l'élève des
d'une manière bien plus intelligente qu'on ne le fai-
poque où écrivait Lacordaire. On a pris en effet le
iminer des bœufs qu'il fallait nourrir dans le temps
esse, parce que la conformation de leurs mâchoires
s lèvres ne leur permettait pas de brouter aux bran-
es des arbres, comme le font les bœufs ordinaires
fourrages ont été brûlés. Ainsi la race s'est bien
ée spontanément, elle s'est parfaitement maintenue;
a fini par être détruite par l'homme, qui s'est ap-
empêcher de se perpétuer.

à propos des bœufs sans cornes, une objection d'une
ure, mais qui tend au même but. On dit qu'ils
onnus de l'antiquité, et qu'il en existe encore en
Russie. Ainsi l'apparition vers le milieu du siècle dernier, parmi les bœufs cornus de l'Amérique du Sud, de cet individu désarmé dont d'Azara nous a fait l'histoire, serait un cas d'atavisme : ce bœuf aurait parmi ses ancêtres quelqu'un des bœufs dont parle Hérodote. Soit! mais en ce cas on n'a fait que reculer la difficulté. Il reste encore à expliquer la formation du premier bœuf qui a perdu ce caractère des cornes, commun non-seulement au genre bœuf, mais à la famille entière des ruminants à cornes creuses, dans tous ses représentants aussi bien fossiles que vivants. Mais il y a plus. Si l'on n'a produit le bœuf sarlabot que par le croisement, on sait produire des moutons sans cornes par un simple artifice de nutrition. M. Sanson lui-même l'admet.

Ainsi une seule condition d'existence qui vient à se modifier, suffit pour enlever à certains animaux un des caractères distinctifs de la famille à laquelle ils appartiennent. Dans un groupe aussi naturel, il est certainement permis de conclure de la cause à l'effet; et, sans préciser néanmoins le mode suivant lequel s'établit ici cette relation, de voir dans le bœuf sans cornes un produit du milieu. Dans tous les cas, ceux qui se refuseront à adopter cette conclusion pour le bœuf, seront bien obligés de l'admettre pour le mouton.

A cela que répondent les polygénistes? Ils prétendent que l'existence des cornes constitue un caractère extérieur qui ne tient en rien au fond même de la race. Mais pas un éleveur, et surtout pas un naturaliste n'accepterait cette manière de comprendre la race. Ainsi, pour les poules huppées, il ne s'agirait pas d'une transformation complète de la boîte osseuse et d'une modification du squelette, mais seulement d'un défaut d'ossification, d'une anomalie, d'un cas d'hémitérie devenu héréditaire. Pour les bœufs gnatos, ce serait une atrophie partielle des os de la face, héréditaire aussi. Mais il n'y aurait pas là des races. — Qu'est-ce donc alors que la race, demanderai-je à nos adversaires, et comment caractérisez-vous le groupe auquel vous réservez ce nom? Encore une fois si de telles différences venaient à être observées entre deux groupes d'hommes, n'en feriez-vous pas les traits distinctifs de deux espèces certainement plus distantes l'une de l'autre que ne le sont à vos yeux les nègres des blancs? En réalité, les modifications inniables que les animaux domestiques sont susceptibles de subir, constituent une objection absolue aux doctrines polygénistes.

Plusieurs représentants de ces idées l'ont bien senti. Ceux-là ont admis l'action du milieu sur les espèces soumises à l'homme en même temps qu'ils ont continué à la nier lorsqu'il s'agit des espèces sauvages. Mais, suivant eux, pour les premières, le milieu agissant, le milieu cause des modifications réelles, c'est l'homme. Cependant je vous ai déjà fait remarquer que l'homme ne dispose pas de forces qui lui soient réellement propres; il n'a pas un pouvoir magique à sa disposition, et s'il exerce sur les animaux soumis à son empire une action très-réelle, c'est uniquement parce qu'il sait diriger et faire concourir à un but déterminé les forces naturelles. Volontairement ou involontairement il les multiplie et les rend plus efficaces par leur concentration sur tel ou tel point. Je vous ai donné un exemple de cette manière active dont l'homme s'interpose entre la nature et les animaux, en vous parlant de la stabulation et de ses conséquences; vous avez pu voir que les actions de milieu y étaient seules mises en jeu. Il en est toujours ainsi. Or, comme ce sont là des faits qu'il est bien difficile de nier, et qui, par conséquent, sont

fort embarrassants pour la doctrine avec laquelle ils se trouvent en contradiction, on s'est rejeté sur l'intensité même de l'action dirigeante exercée par l'homme, pour nier l'influence des actions de milieu abandonnées à leur degré d'activité naturel.

Voici le langage de M. Bonté, polygéniste fervent et adversaire déclaré des actions de milieu. J'emprunte ces paroles au compte rendu de cette discussion dont je vous ai parlé, et que je ne fais pour ainsi dire que suivre pas à pas. « Dans tous les exemples tirés de l'influence des milieux sur l'animal et sur les plantes, il s'est toujours agi ou d'un animal ou d'une plante sauvage qu'on domestiquait, ou d'un animal ou d'une plante domestiquée qu'on rendait à la vie sauvage. Dans le premier cas, le sujet entrait dans ce milieu brutal imposé par l'homme, œuvre de l'homme, et il était impossible qu'un tel milieu n'opérât pas ; la nature était trop fortement violentée. Dans le second cas, le sujet sortait de ce même milieu, et il est sensible qu'une modification devait s'opérer encore là, mais en sens inverse. »

C'est un adversaire des actions de milieu qui parle ; dominé par les faits qui résultent en si grand nombre de l'étude la plus élémentaire des animaux domestiques, il exprime nettement ce que d'autres laissent plus ou moins deviner, lorsqu'en réalité ils acceptent l'action du milieu aussitôt que l'homme intervient. Quand après cet aveu, qui leur est arraché par la force des choses, les mêmes polygénistes croient pouvoir nier l'action modificatrice des forces naturelles sur les animaux sauvages, ils commettent une inconséquence évidente. En effet, étant admis, comme il est impossible de ne pas en convenir, que l'action de l'homme consiste seulement dans une mise en jeu énergique et dans l'utilisation raisonnée des forces naturelles qui sont en dehors de lui, il n'y a qu'une conclusion possible, c'est que, du moment que ces forces ne seront plus dirigées par l'intelligence humaine, leur action diminuera d'intensité sans doute, mais n'en restera pas moins très-réelle. Ainsi la vapeur, comprimée et réglée tout à la fois par l'homme, anime des locomotives; livrée à elle-même, elle soulève le couvercle d'une marmite. Dans les deux cas, c'est la même vapeur qui agit et toujours d'après la même loi. Donc quiconque admet l'action du milieu s'exerçant par l'entremise de l'homme, ne peut logiquement admettre que le milieu naturel, libre, ne soit pas une cause de modification.

En fait, c'est bien ainsi et dans cette proportion que les choses se passent. Toutes les espèces sauvages qui occupent un habitat étendu, présentent des races naturelles. Parfois un espace restreint suffit pour que des types très-distincts s'y caractérisent, lorsque, dans des localités voisines, les conditions d'existence ne sont pas les mêmes. Il n'est pas de chasseur ou de cuisinier qui ne distingue le lapin de plaine du lapin de montagne, ou, sur le bord de la mer, du lapin des dunes. Cependant il est juste de dire que si l'on compare les races sauvages aux races domestiques, on trouve les premières toujours plus rares et moins accusées.

Nous avons expliqué déjà cette différence. Je vous ai dit que, d'une part, l'action de l'homme multipliait les modes d'agir des forces naturelles, et que, d'autre part, la vie sauvage entraînait à elle seule l'uniformité d'un certain nombre de conditions d'existence. Celles-là, restant identiques pour l'aire d'habitat d'une même espèce, et faisant peser un niveau commun sur tous les individus, les empêchent de se séparer comme ils le feraient si le milieu était plus local lui-même

et plus varié. C'est aussi la raison pour laquelle les an
domestiques redevenus libres se rapprochent du type
tif sans jamais le reproduire entièrement. Ainsi les c
libres ont bien repris certains traits du sanglier : l
Labat en a vu avec de longues pinces ; M. Roulin en
d'autres dont les soies se sont changées en une bou
neuse, mais ils ne reproduisent en définitive ni le s
d'Europe, ni le sanglier d'Asie.

Évidemment, ce sont là autant de faits inexplicable
qui voit dans le milieu autre chose que ce que nous y
et n'en parle pas avec nous comme d'une cause c
d'agir énergiquement par elle-même.

C'est en méconnaissant les actions de milieu que le
génistes sont arrivés à formuler certaines objections
ne pourrait pas expliquer autrement.

L'une d'elles s'appuie sur la persistance des caract
certaines races humaines, connues depuis les temps l
ques les plus reculés. Cette objection se retrouve p
Desmoulins et Bory Saint-Vincent, Hombron et Jacq
Morton dans ses *Crania ægyptiaca*, Nott dans les *Ty*
mankind, la reproduisent.

Le dernier surtout insiste sur ce fait qu'il a trou
Égypte, figurés sur les monuments les plus anciens, t
types des populations actuelles, depuis le fellah et le ju
qu'aux montagnards asiatiques rappelant les *Miao-tse*,
appelle des Tartares.

Plus récemment, M. Broca, reprenant les trava
William Edwards, a cherché à montrer que la pop
gauloise avait aussi conservé tous ses caractères dep
temps les plus anciens. Sans même rechercher ce qu'il
manifestement exagéré dans des assertions de cette n
j'accepte les faits tels qu'ils sont présentés, et je vous de
maintenant ce qu'ils ont d'étrange et de contradictoir
les actions du milieu telles que nous les comprenons. Il e
dent que pour nous, en Égypte et en Orient, les choses d
se passer ainsi que Nott l'a observé. Rappelez-vous ce qu
ont montré les races animales. Nous avons vu que lors
milieu ne change pas, elles ne se modifient pas non
Or, en Orient, le ciel, la terre, les eaux, n'ont éviden
pas changé ; d'un autre côté, les mœurs, la nourritu
habitudes, sont restées pour ainsi dire immuables d
milieu égyptien si particulier, où les conditions d'exi
ont été de tout temps spéciales. C'est un point sur l
tous les voyageurs sont d'accord. Nott à lui seul su
pour le prouver : il a trouvé une peinture remontant à
mille ans avant notre ère, dans laquelle figurait un char
Scythie, qui est bien la *yourte* de Pallas et de Tchihatch

Quand donc rien ne change autour de l'homme, pou
l'homme changerait-il ? Bien au contraire, les cara
qu'il a conquis au début d'un établissement, sous l'infl
du milieu nouveau, doivent nécessairement s'affirmer à
sure que la même action continue sur eux son œuvr
qu'on ne comprendrait pas, c'est que la race égypti
étant données les conditions dans lesquelles elle n'a ces
vivre, se fût modifiée pendant ce long laps de temps.
est évident que lorsque les Égyptiens construisaient le
fices auxquels nous devons ces renseignements, ils ét
depuis longtemps dans le pays, et que les types avaient
temps de s'y stabiliser. Qu'ils eussent changé en deho
toute modification du milieu, voilà ce qui serait vrai
inexplicable et contraire à l'idée de l'harmonisation

des êtres avec le milieu ambiant, principe que je dé- toutes les fois que l'occasion s'en présente et dont je voir suffisamment établi la légitimité par les faits que és à l'appui. L'objection tirée de la persistance de cer- races dans leurs caractères initiaux n'en est donc le.

, même sur place, lorsque les conditions d'existence vien- changer, les eaux, la terre et le climat ont beau rester quement les mêmes, les races se modifient rapidement. s ai cité l'exemple des Irlandais de Flew que deux ou iècles de persécutions et de vie misérable ont fait dégé- au point de les rendre méconnaissables, tandis que rères, restés dans le voisinage, mais dans des conditions ence plus heureuses et plus faciles, ont conservé les ères qui étaient jadis communs aux deux groupes.

ces changements dans le genre de vie viennent s'a- ceux du climat, des productions du sol, des eaux et du ui ne voit que la modification sera bien plus grande et lus rapide encore? Vous vous rappelez l'histoire d'Agui- nsi que l'exemple de ces Européens qui renoncèrent e civilisée pour vivre avec les sauvages, puis devinrent, ut d'un petit nombre d'années, méconnaissables pour compatriotes.

léfinitive, sous une forme ou sous une autre, tous les nistes, pour nier l'action des milieux et les modifica- corrélatives qu'elle entraîne dans les types de races, uisent le même argument : L'Européen, disent-ils, orté en Afrique, ne devient pas un nègre; le nègre orté en Europe ou aux États-Unis ne devient pas un . Nott et Gliddon donnent une variante à cette objection ant : « Depuis trois siècles qu'il y a aux États-Unis des et des nègres, ils ne sont pas devenus pareils ; ni les les autres ne se sont transformés en Peaux-rouges, et ransformation n'aura jamais lieu. »

arquons d'abord que telle n'est pas l'opinion d'un ie qu'on n'accusera certainement pas d'être rempli jugés. M. Elisée Reclus nous dit qu'aux États-Unis tout à la peau rouge ; puis il ajoute : « Si d'autres influences lançaient celle du climat, il se pourrait bien qu'après tain laps de siècles, les Américains eussent tous la cou- es aborigènes, leurs ancêtres fussent-ils venus de l'Ir- de la France ou du Congo. » Je vous ai parlé de l'abbé ur de Bourbourg trouvant dans les Anglo-Américains du quelque chose du type iroquois, et dans ceux du Sud ssemblance marquée avec les Cherokees. Vous n'avez blié non plus l'appréciation d'un Yankee sur les carac- physiques et moraux de sa propre famille. On peut donc ue, sous l'influence du milieu, il se forme là une race lle.

ni M. Reclus, ni l'abbé Brasseur, ne parlent d'une assi- on complète avec le type indigène. Ils se bornent à citer ns caractères des Indiens, parmi les plus frappants, qui nent communs aux deux populations, de manière à r, non point une similitude, mais seulement un certain chement entre elles; ils ont même le soin de constater sistance de dissemblances très-notables. Mais, je vous nande, Nott et Gliddon ont-ils raison pour cela? Non; lification, quelle qu'elle soit, les condamne, puisque ux l'espèce ne doit pas varier, en dépit de tous les chan- its possibles de milieu.

contraire, cette variation qui rapproche, sans les con- fondre, des races primitivement très-éloignées les unes des autres, nous donne entièrement raison. Il se produit là, pour le nègre et pour le blanc comparés à la peau rouge, ce qui s'est passé pour les races de longues et courtes cornes, les leicester et les tees-water, qui, soumis par deux éleveurs aux mêmes procédés de sélection et aux mêmes soins, ont donné deux races différentes. Si le dishley et le durham ont encore certains caractères communs, ils diffèrent cependant sous de nombreux rapports. Les faits que je viens de citer sont évidemment inexplicables pour qui prétend nier les actions de milieu ; ils ne sont pas moins naturels et logiques pour qui admet ces dernières.

Nous avons vu, en effet, par l'étude des végétaux et des animaux domestiques et libres, qu'une race nouvelle n'est jamais un produit simple ; elle représente toujours une résultante entre la race préexistante et la nature du milieu. Que l'un des éléments se modifie, le produit changera; de même que si la direction ou la longueur première d'une composante géométrique vient à varier, la résultante doit varier en longueur et en direction. Tout est là.

Il y a cependant un polygéniste qui accepte franchement les actions de milieu et les modifications qui en dérivent. Knox a ce grand mérite, qu'il n'a jamais reculé devant une conséquence des principes qu'il a d'abord posés; il accepte tout, ayant pleine foi dans sa logique. En cela il rend, il faut l'avouer, un grand service à la doctrine de ses adversaires, par la manière franche et conséquente dont il met en lumière les corollaires forcés de la doctrine polygéniste.

Comme Agassiz, Morton et toute l'école américaine en général, Knox admet la théorie de la Peyrère. Il croit que l'homme a été créé localement et par places. Aussi, conséquent avec lui-même, il déclare que l'homme ne peut vivre que là où il est apparu pour la première fois. Les Français ne sauraient, d'après cela, vivre en Corse, ni les Gallois dans le comté de Kent. A fortiori, la vie est-elle impossible en Amérique pour les Français du Canada et pour les Anglo-Saxons des États-Unis. Knox reconnait bien en même temps les modifications qu'ont éprouvées ces derniers en devenant Yankees ; mais il ne voit en elles que des signes de dégénérescence destinés à s'accuser de plus en plus, jusqu'à l'extinction, qui ne peut manquer d'être prochaine, de tous les Européens qui se sont établis en Amérique. Il signale en particulier la maigreur du Yankee, la perte fréquente de ses dents, l'amoindrissement chez lui de l'appareil glandulaire. Quant aux Français canadiens, ils sont déjà parvenus au dernier degré de la dégénérescence : on ne voit parmi eux que des hommes aussi petits et faibles de corps que d'esprit.

Pour ce qui est de ces derniers, je me borne à vous dire que c'est parmi eux que se recrutent les coureurs des bois et les voyageurs de rivière, dont tous ceux qui les ont vus de près ont signalé la vigueur, la résistance à la fatigue et l'esprit de suite, qualités qui leur permettent, dans le genre de vie qu'ils mènent, de rivaliser avec les Indiens. Ainsi nos compatriotes du Canada sont loin d'avoir dégénéré au point de vue physique. Quant à l'intelligence, Québec et Montréal comptent des écrivains dont la mère patrie serait certainement fière.

Ai-je besoin maintenant de prendre la défense des Yankees, petits-fils d'Anglo-Saxons? J'aurais, certes, de bien grands noms à vous rappeler pour vous prouver combien l'intelligence est restée chez eux à la hauteur de celle de leurs an-

cêtres. D'un autre côté, certains d'entre eux deviennent les pionniers et les squatters, gens à qui on peut assurément adresser bien des reproches, mais qu'on ne peut certainement pas accuser de manquer d'énergie et de vitalité.

Un autre fait proteste d'une manière plus générale encore contre les allégations de Knox. C'est l'accroissement de la population chez cette race européenne qui devait céder sous peu la place aux aborigènes. Knox ne peut nier un fait aussi constant, mais il le met en entier sur le compte de l'immigration. C'est l'afflux des émigrants européens qui a jusqu'ici entretenu à lui seul la population, mais celle-ci disparaîtra dès que ce courant d'apport viendra à cesser. Alors les descendants des derniers européens périront misérablement, et les fils des Peaux-rouges actuels reparaîtront avec les descendants de Montezuma, pour couvrir de nouveau le sol qui leur avait été ravi par une race incapable d'y prospérer.

Pour ce qui est des États-Unis, les assertions de Knox peuvent avoir quelque apparence de raison ; il est difficile, en effet, lorsqu'il s'agit de ce vaste territoire en particulier, d'accuser par des chiffres précis ce que la doctrine du savant anglais a certainement d'inexact, et de faire la part réelle de l'immigration et de l'accroissement de population sur place, tellement les faits sont compliqués et l'afflux des émigrants considérable. Mais au Canada nous avons, au sujet de la population française, des faits et des chiffres qui ne laissent rien à désirer pour la précision et pour l'éloquence.

Dans ce pays, en effet, nos désastres guerriers et politiques nous fournissent un argument, pénible sans doute à invoquer, mais décisif dans la question. Vous savez comment, après des miracles de valeur, une poignée de nos soldats abandonnés par la mère patrie, a défendu pied à pied et finalement perdu ces quelques arpents de neige, ainsi que les appelait Voltaire, qui sont devenus aujourd'hui le Canada.

C'est en 1763 que le traité de Paris assura aux Anglais la possession de ce territoire, et depuis lors les cas d'immigration celtique ont été aussi rares que possible. Même les persécutions dont les colons français eurent à souffrir au début, de la part des Anglais, motivèrent des émigrations considérables. Ensuite vinrent les longues guerres de la révolution américaine, puis le courant européen se porta vers le sud dans les États-Unis. Or, pour l'année 1763, nous avons des chiffres officiels recueillis par M. Rameau, qui portent à 70 000 le nombre des Français restés dans le pays. En 1814, on comptait 275 000 habitants tous d'origine française; en 1851, eux ou leurs descendants formaient une population de 695 945 âmes. En d'autres termes, le noyau primitif avait quadruplé en cinquante et un ans et décuplé en quatre-vingt-huit ans. Figurez-vous un pareil accroissement de population en Europe, et voyez combien peu de temps il s'écoulerait avant que le sol ne pût plus nourrir ses habitants.

Le peuplement de l'Acadie a donné lieu au relevé de chiffres plus probants encore. En effet, en 1671, on y comptait seulement quarante-sept familles comprenant 400 individus. En 1755, il y avait 18 000 colons, leurs descendants, tous d'origine française. A cette époque commencèrent les persécutions du gouvernement anglais, à qui le territoire avait été cédé, mais pour qui les habitants n'avaient aucune sympathie. Alors fut appliquée une de ces mesures que l'humanité réprouve, mais que la politique consacre trop souvent. On exporta 6000 habitants, qui furent dispersés dans différentes directions; 1500 colons émigrèrent au Canada ; 2500 disparurent : un grand nombre se réfugièrent sans doute au milieu des tribus indiennes, chez les anciens alliés de la France ; 8000 seulement restèrent en Acadie. En 1864, leurs descendants étaient au nombre de 95,000. J'emprunte ce chiffre à M. Boudin, dont le nom a une si grande autorité dans les questions de statistique. Ainsi, au bout d'un peu plus d'un siècle, la population était douze fois plus nombreuse qu'au début. Voilà comment notre race dépérit en Amérique et comment elle est sur le point d'y disparaître.

Je crois qu'il est difficile d'imaginer un désaccord plus grand que celui que je viens de vous signaler, entre la doctrine de Knox et les faits d'observation.

ARM. ANGLIVIEL.

BULLETIN DES COURS

Faculté des sciences de Paris

SECOND SEMESTRE (OUVRANT LE MARDI 16 MARS)

ALGÈBRE SUPÉRIEURE (les mercredis et vendredis, à une heure et demie).— M. DUHAMEL (de l'Institut) ouvrira ce cours le mercredi 24 mars. Il traitera d'abord de la Théorie générale des équations algébriques. Il s'occupera ensuite de la Convergence des séries, et montrera l'usage que l'on peut faire du développement des principales fonctions pour leur réduction en tables. Il fera connaître aussi les conditions de convergence des produits d'une infinité de facteurs, et leur application au développement de quelques fonctions, particulièrement à la formation des tables des logarithmes des lignes trigonométriques.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL (les lundis et jeudis, à dix heures). — M. J. A. SERRET (de l'Institut) continuera ce cours le jeudi 18 mars. Il traitera du Calcul intégral.

MÉCANIQUE RATIONNELLE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. LIOUVILLE (de l'Institut) continuera ce cours le mercredi 17 mars. Il traitera successivement de la Dynamique, de l'Hydrostatique et de l'Hydrodynamique.

ASTRONOMIE (les lundis et jeudis, à huit heures et demie). — M. LEVERRIER (de l'Institut), professeur. M. BOUQUET, suppléant, commencera ce cours le jeudi 18 mars. Il exposera les Lois des principaux phénomènes astronomiques et les Méthodes d'observation.

CALCUL DES PROBABILITÉS ET PHYSIQUE MATHÉMATIQUE (les mardis et samedis, à dix heures et demie). — M. LAMÉ (de l'Institut), professeur. M. BRIOT, suppléant, continuera ce cours le mardi 16 mars. Il exposera les Principes de la théorie des fonctions elliptiques dont il fera ensuite l'application à diverses questions de physique mathématique.

MÉCANIQUE PHYSIQUE ET EXPÉRIMENTALE (les mardis et samedis, à midi). — M. DELAUNAY (de l'Institut) continuera ce cours le mardi 16 mars. Il traitera des principales machines employées dans l'industrie et spécialement des Machines motrices.

PHYSIQUE (les mardis et samedis, à une heure et demie). — M. JAMIN (de l'Institut) ouvrira ce cours le mardi 16 mars. Il fera la seconde partie du Cours de physique et traitera de l'Acoustique et de l'Optique.

CHIMIE (les lundis et jeudis, à une heure et demie). — M. PASTEUR (de l'Institut), professeur. M. TROOST, suppléant, commencera ce cours le jeudi 18 mars. Il traitera de la Chimie organique.

PHYSIOLOGIE (les lundis, à trois heures). — M. PAUL BERT, chargé du cours, continuera ses leçons le lundi 22 mars. Il traitera des Fonctions de relation.

ZOOLOGIE, ANATOMIE, PHYSIOLOGIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à trois heures). — M. HENRI LACAZE-DUTHIERS, professeur, ouvrira ce cours le mardi 16 mars. Il traitera de l'Histoire générale du règne animal et de l'Étude particulière de quelques-uns des groupes zoologiques les plus importants.

BOTANIQUE (les mercredis et vendredis, à midi). — M. DUCHARTRE (de l'Institut) ouvrira ce cours le mercredi 17 mars. Il traitera de l'Organisation et de la physiologie des plantes.

GÉOLOGIE (les mercredis et vendredis, à trois heures). — M. HÉBERT ouvrira ce cours le vendredi 19 mars. Il décrira, dans leur ordre de formation, les Masses minérales qui constituent le sol terrestre, en donnant cette année plus de développement aux terrains secondaires.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

XIÈME ANNÉE — NUMÉRO 15 — 13 MARS 1869

Paris, 12 mars 1869.

modifications introduites dans le jardin du Luxemont rendu libre une assez grande étendue de terrains doit aliéner pour y construire des maisons et payer s frais de la transformation du Trocadéro. La commisu Corps législatif, saisie du projet de loi nécessaire, a é de réserver une partie de ces terrains afin d'y recon- l'École de pharmacie. Les locaux actuels, rue de ète, se trouvent en contre-bas des voies nouvelles, sur- la rue des Feuillantines qu'on va prolonger, et il lispensable de les déplacer.

autre côté, la Faculté de médecine se plaint, depuis mps, de l'exiguïté de son installation qui est tout à fait sante; c'est ainsi, par exemple, qu'il est impossible lir des laboratoires convenables pour les élèves et même es professeurs. Le prolongement du boulevard Saintain devant passer derrière les bâtiments actuels, il sera saire d'élever une façade monumentale sur ce boule- A cette occasion, la Faculté espère s'étendre d'un côté à la rue Hautefeuille, de l'autre, jusqu'à la rue Larrey, nière à absorber les maisons qui bloquent aujourd'hui ux flancs et à former ainsi à elle seule un ilot complét isolé, entre le boulevard Saint-Germain au nord, et , la rue de l'École-de-Médecine qui va faire place au gement de la rue des Écoles. Elle voudrait de plus obpour ses dépendances et ses laboratoires, les terrains és en ce moment par l'École pratique, les pavillons de tion et l'hôpital des cliniques, — où se trouvent réunies e à plaisir, les conditions les plus antihygiéniques pour rvice de chirurgie et d'accouchements qui s'empoint l'un l'autre, et que les pavillons de dissection emment tous deux, — ainsi qu'une partie des terrains nants.

aurait à faire quelque chose de beaucoup mieux que ela. L'emplacement actuel de l'Entrepôt des vins, au de la rue des Écoles, doit devenir libre dans un temps rochain : c'est là qu'il faudrait reconstruire à la fois la té de médecine et l'École de pharmacie. Ces deux établisments d'instruction ont entre eux les rapports les plus s : dans les Universités étrangères, ils n'en forment qu'un même chez nous leur union n'est pas complétement ; et, par exemple, les jurys d'examen ou de concours à le de pharmacie comprennent nécessairement un meme la Faculté de médecine. Beaucoup d'élèves en phar- suivent certains cours à la Faculté de médecine et *vice versâ*; les collections et la bibliothèque de chacune de ces écoles peuvent le plus souvent servir aussi aux professeurs et aux élèves de l'autre, etc. Il y a donc tout avantage à placer les deux écoles l'une près de l'autre, et à réunir autant que possible deux classes d'hommes dont les fonctions se complètent mutuellement et dont l'instruction professionnelle doit comprendre tant de parties communes.

L'Entrepôt des vins est très-vaste : on y construirait facilement les amphithéâtres de cours, les bibliothèques, les galeries de collections, les salles d'examen et de conseil, les bureaux, les logements, etc., et surtout tous les laboratoires nécessaires aux deux écoles. Ces laboratoires, placés entre la Seine et les grands jardins du Muséum, trouveraient là des conditions de salubrité et surtout un renouvellement d'air qu'il serait impossible de rencontrer autre part, à moins de s'éloigner jusqu'aux dernières extrémités de Paris ; le voisinage du fleuve leur fournirait certaines commodités précieuses ; on pourrait y installer sans inconvénient des pavillons de dissection, tandis que, dans le quartier où ils se trouvent actuellement, ces pavillons continueraient à former un foyer de miasmes et d'insalubrité permanente que l'hygiène ne permet pas de tolérer plus longtemps.

Déjà le jardin botanique de la Faculté de médecine, supprimé au Luxembourg en même temps que la pépinière, a été transporté derrière l'Entrepôt des vins sur un terrain dépendant du Muséum; il se trouverait ainsi réuni à la Faculté dont il est maintenant beaucoup trop éloigné. La juxtaposition des deux écoles conduirait probablement à ne conserver pour elles deux qu'un seul jardin botanique, plus largement organisé, ce qui supprimerait un double emploi inutile, puisque le besoin à satisfaire est le même des deux côtés. De plus, les élèves n'auraient qu'à traverser la rue pour trouver la riche école botanique du Muséum si bien disposée pour les études les plus complètes.

Placés ainsi aux portes du Muséum, les élèves auraient plus souvent l'idée d'en visiter les collections de tout genre ; ils fréquenteraient davantage ses cours, qui n'ont pas souvent autant d'auditeurs qu'ils le méritent ; ils augmenteraient leurs connaissances en histoire naturelle, en chimie, en physique, surtout en physiologie, connaissances qui sont aujourd'hui tout à fait insuffisantes ; enfin l'influence de ce public nouveau relèverait certains cours et corrigerait peut-être bien des choses qu'on ne sait comment réformer.

Des grands établissements scientifiques de Paris, le Muséum est le seul où il y ait beaucoup d'espace, et comme les sciences de la nature exigent aujourd'hui de vastes laboratoires, il est facile de pressentir qu'on tournera de plus en plus les yeux

de ce côté, surtout si l'organisation du Muséum se modifie un peu, comme il faut s'y attendre. Sans parler des moyens de travaux qui sont pour ainsi dire l'annexe des collections, la chimie et la zoologie y possèdent déjà de grands laboratoires publics qui peuvent recevoir beaucoup d'élèves et que l'organisation de l'École pratique des hautes études permet encore de développer en ce moment même. On va, en outre, y établir, sous la direction de M. Claude Bernard, le grand Institut physiologique que la France attend depuis si longtemps et qu'on nous promet digne d'entrer en parallèle avec les admirables laboratoires de l'Allemagne. N'est-il pas naturel de rapprocher de tous ces moyens d'étude les étudiants en médecine et en pharmacie, parmi lesquels la science a toujours recruté un grand nombre d'adhérents zélés ou illustres, et où elle en trouvera sans doute de plus en plus?

On les rapprocherait en même temps des hôpitaux, où ils doivent trouver l'instruction pratique qui leur est indispensable. Ils seraient là en effet à la porte de la Pitié et du grand amphithéâtre de dissection des hôpitaux qui en dépend, à très-peu de distance du nouvel Hôtel-Dieu; ils se rapprocheraient notablement de l'hôpital Saint-Antoine, et seraient tout près des bâtiments de l'ancien Hôtel-Dieu situés sur la rive gauche (service des femmes), si on leur conserve leur affectation actuelle, comme le demandait feu M. Serres; la Charité seule perdrait un peu, mais elle est déjà trop loin de toute façon pour qu'on tienne grand compte de cette augmentation de distance. Au contraire, après la suppression de l'hôpital des Cliniques, sur laquelle tout le monde est d'accord, la Faculté de médecine, en conservant son local actuel, n'aurait plus aucun hôpital dans ses environs.

La seule objection contre un déplacement si utile de la Faculté de médecine viendrait de quelques professeurs praticiens qui tiennent à se rapprocher le plus possible des quartiers riches où habite leur clientèle. Mais ils en sont loin encore, même aujourd'hui, et cet éloignement n'est pas bien grave pour eux. Par contre, les étudiants en médecine ne trouvent plus guère, dans le quartier actuel de l'École, des logements en rapport avec leurs ressources souvent modestes, et cet inconvénient va s'augmenter encore par le prolongement du boulevard Saint-Germain et de la rue des Écoles. Beaucoup sont déjà obligés d'émigrer fort loin, jusqu'à Montrouge. Ils trouveraient plus facilement dans le quartier de l'Entrepôt des logements en rapport avec leur bourse, et ce quartier regagnerait ainsi ce que lui fera perdre la fermeture de l'Entrepôt.

Enfin les finances de l'instruction publique n'y gagneraient pas moins que celles des étudiants, car la valeur du terrain, à l'Entrepôt, est évidemment bien inférieure à ce que coûteraient les expropriations nécessaires pour agrandir l'École de médecine actuelle. Les considérations architecturales n'y perdraient rien non plus, car on pourrait donner à la Faculté nouvelle, au bout de la rue des Écoles, une façade monumentale qui dominerait toute cette rue et la terminerait d'une façon grandiose, comme la gare du chemin de fer de l'Est termine le boulevard de Strasbourg.

Le transfert des Écoles de médecine et de pharmacie sur les terrains de l'Entrepôt aurait encore un autre avantage d'un ordre plus élevé : il concentrerait un peu plus nos divers établissements d'instruction. La rue des Écoles mériterait alors véritablement son nom : elle réunirait, dans un espace peu étendu, la Sorbonne avec ses trois facultés, le Collége de France, les Écoles de médecine et de pharmacie et, derrière celles-ci, le Muséum, c'est-à-dire presque tout le haut enseignement parisien. L'École de droit elle-même en serait très-près avec la rue qui doit aller du transsept du Panthéon au transsept de Notre-Dame.

Ce rapprochement matériel est plus important qu'on ne croit, parce qu'il aide au rapprochement moral. Une des forces des universités allemandes, c'est leur unité, qui embrasse dans un même faisceau les divers ordres d'études et ceux qui les cultivent. En France, la vitalité scientifique, comme la vie politique, est presque tout entière concentrée dans la capitale; mais, à Paris même, nous sommes en pleine décentralisation. Les divers établissements d'instruction publique n'ont aucun lien commun entre eux, ou, quand ce lien existe, il est purement administratif, et l'on n'y voit alors qu'une entrave dont on cherche volontiers à se débarrasser. Les élèves des divers établissements forment, pour ainsi dire, plusieurs petits mondes à part, qui se connaissent mal, se fréquentent peu, — en dehors des relations du pays natal, — et fusionnent rarement, même dans les lieux de plaisir. Un étudiant en médecine n'a guère l'idée de se fourvoyer à un cours de littérature, ou surtout de droit, et la plupart de nos juristes quitteraient Paris en ignorant où sont l'École de médecine et le Muséum, si la première n'avait une façade qui attire l'œil et le second de grandes allées ombreuses avec des animaux exotiques. Entre les jeunes savants, il se forme aussi des groupes de spécialités qui communiquent également fort peu. Pourtant on a vu plus d'une fois l'audition fortuite d'un cours dévoiler tout à coup une vocation qui s'ignorait. Pourquoi donc ne pas chercher à faire naître ces heureux hasards? Et, pour y arriver, le rapprochement matériel n'est-il pas, comme nous le disions tout à l'heure, une des premières conditions du rapprochement moral?

— La Société chimique de Londres vient d'instituer de nouvelles conférences qui porteront le nom de Faraday. La première aura lieu au mois de mai; c'est, dit-on, M. Dumas qui doit aller la faire.

— La réception de M. Flourens à l'Académie française, comme successeur de M. Flourens, aura lieu le 22 avril. C'est M. Patin qui lui répondra.

Émile Alglave.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. ED. FRANKLAND

de la Société royale de Londres et de l'Institut de France

Des causes de la lumière dans les flammes lumineuses (1)

Une des causes d'erreurs les plus importantes, c'est l'habitude d'accepter, sans la mettre en doute, l'opinion d'une autorité, quelle qu'elle soit. Nous nous enorgueillissons de passer au crible de notre propre jugement l'explication de

(1) Une partie considérable de cette lecture et la plupart des expériences ont déjà paru en anglais dans une série de conférences sur le *gaz de houille*, conférences faites à l'Institution royale en mars 1867.

choses, et cependant nous ne pouvons nier que nous ons trop souvent enclins à accepter l'*ipse dixit* comme de toutes nos discussions. Faut-il l'avouer, cette fai- n'est pas seulement le propre de la généralité du pu- es savants eux-mêmes n'en sont pas toujours exempts. n'apprécie pas toujours avec assez de rigueur la diffé- qui sépare un fait d'une théorie. « Seize parties en poids ygène se combinent », dit-on, « avec deux parties d'hy- ène pour former de l'eau. » Et chacun de croire, par le, qu'on peut affirmer qu'« un atome d'oxygène se com- avec deux atomes d'hydrogène pour former de l'eau ». ve souvent qu'on doute aussi peu de l'existence d'un m éthéré impondérable remplissant tout l'espace que présence d'une enveloppe gazeuse entourant notre

héorie atomique et l'hypothèse d'un médium éthéré ujourd'hui absolument nécessaires, l'une au progrès chimie, l'autre au développement de la physique; i cette nécessité, ni les découvertes splendides qu'ont es ces deux hypothèses ne peuvent suffire à en établir ité. Le mathématicien qui part d'une donnée fausse a certainement à un résultat faux; il n'en est pas de de l'expérimentateur qui applique une théorie phy- car une théorie fausse peut conduire et a conduit sou- des faits vrais. Par exemple, la théorie de Christophe b, d'un contre-poids à notre continent, amena la dé- te de l'Amérique, bien que cette théorie fût essentiel- fausse.

avant le moins enthousiaste ne peut marcher en avant ne théorie qui lui permette de coordonner les faits, et ver un point de départ pour s'élancer vers de nou- recherches. C'est dans ce cas qu'une théorie même est indispensable, et cette fausse théorie n'exerce une nce préjudiciable aux progrès des sciences que lorsqu'on tient encore malgré l'évidence des faits qui la contre-

le cours de mes recherches sur les phénomènes qui t le sujet de cette conférence, j'ai été forcé d'aban- une théorie sur la source de la lumière dans les es lumineuses, que, partageant l'opinion de presque s savants, j'avais puisée dans les recherches classiques y sur les flammes.

tte question : *Quelle est la source de la lumière dans la lumineuse du gaz de houille ou d'une bougie?* la plu- nos autorités anglaises nous répondent de la façon la ositive et la plus unanime. Dans les ouvrages les plus s nous trouvons, en effet, les réponses suivantes :

utes nos lumières artificielles proviennent de l'incan- ce d'une matière solide au milieu de la chaleur intense ppée par les changements chimiques qui accompa- la combustion. » (W. A. Miller.)

and des hydrocarbones sont imparfaitement brûlés, le e se dépose, et ce dépôt temporaire du carbone est ndition *essentielle* pour la production de la lumière e requise dans une flamme ordinaire. » (Williamson.)

pouvoir éclairant de la flamme du gaz est par consé- dû à ces *particules de carbone* qui se brûlent ensuite s bords de la flamme. » (Balfour Stewart.)

éclat ou le pouvoir lumineux d'une flamme dépend ulement du degré de chaleur, mais aussi de la pré- sence ou de l'absence de particules solides qui puissent servir de points rayonnants. Une flamme ne contenant pas de sem- blables particules n'émet que fort peu de lumière, lors même que la température est très-élevée. » (Watts.)

L'explication ordinaire est à peu près celle-ci : Le gaz de houille est un mélange de certains composés appelés hydrocarbones ou carbo-hydrogènes; ces composés, au mo- ment de leur décomposition, projettent de petites particules de carbone qui, pendant un temps très-court, restent suspen- dues dans la flamme et deviennent incandescentes, ou, en d'autres termes, sont portées à la chaleur blanche. On suppose que ces particules solides communiquent au médium éthéré des impulsions qui produisent des ondulations lumineuses de toutes les longueurs; en d'autres termes, on croit qu'elles produisent la lumière émise par la flamme, laquelle lumière forme un spectre continu sans raies obscures ni brillantes.

On a fait bien des expériences à l'appui de cette théorie. L'une de ces expériences consiste à abaisser sur la flamme du gaz un morceau de toile métallique. La flamme, comme vous le voyez, diminue de hauteur par l'action refroidissante de cette toile, et les soi-disant particules solides deviennent visibles sous forme de fumée. Nous obtenons un résultat semblable en exposant à la flamme un morceau de porce- laine blanche; il se dépose de la suie sur la porcelaine. Autre preuve encore : c'est que si le gaz est mélangé avec de l'air avant la combustion, il brûle presque sans donner de lumière; et quand on applique à cette dernière flamme la toile métallique ou le morceau de porcelaine, on n'obtient en effet aucune trace ni de fumée, ni de suie. Si nous prenons la flamme presque obscure d'un bec de Bunsen, et que nous introduisions dans cette flamme des particules de carbone, nous obtenons une quantité considérable de lumière.

On sait en outre que les gaz contenus dans le gaz de houille, qui ne déposent pas de suie en brûlant, ne produisent aucune lumière. La flamme de l'hydrogène, par exemple, ne produit pas plus de lumière que le gaz de houille mélangé d'air; mais dès qu'on introduit dans la flamme de l'hydrogène des particules de charbon, on obtient une certaine quantité de lumière. Il en est de même de l'oxyde de carbone, qui, brûlé seul, ne donne pratiquement aucune lumière. Si j'augmente la température d'une flamme d'hydrogène en faisant passer à l'intérieur de cette flamme un jet d'oxygène, j'obtiens une lumière à peine plus sensible que la lumière produite par l'hydrogène seul; mais si j'introduis des particules de car- bone dans la flamme, j'obtiens aussi une lumière beaucoup plus brillante qu'auparavant, parce que les particules de car- bone sont portées à un état d'incandescence bien plus in- tense que dans l'expérience précédente. Quoique la lumière ainsi obtenue soit bien différente de celle du gaz de houille, ces expériences semblent à première vue démontrer l'exac- titude de la théorie d'après laquelle la lumière proviendrait des particules de carbone, qu'on suppose être mises en liberté par la décomposition des hydrocarbones contenus dans le gaz de houille. Enfin, la lumière du gaz de houille produisant un spectre continu, on y voit une dernière preuve que cette lumière doit provenir de matières solides incandescentes.

Néanmoins, dans le cours de récentes expériences, j'ai été conduit à douter beaucoup de la vérité de cette théorie, et je me propose de vous expliquer les motifs de ces doutes. Reve- nons à la flamme de l'hydrogène brûlant dans l'air libre. Cette flamme possède la très-haute température de 3776° Fahr.

ou 2080° centigr. (1). Si dans cette flamme d'hydrogène nous introduisons un jet d'oxygène, nous obtenons une température de 7364° Fahr. (4073° centigr.). Au moyen de cette dernière flamme nous pouvons fondre le platine, et cependant la lumière qu'elle produit est à peine supérieure à celle de la flamme d'hydrogène seul.

Si nous approchons une flamme d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène avec lequel nous avons gonflé les bulles de savon que vous voyez sur ce plat, le mélange s'enflamme, vous entendez une très-forte explosion, mais il y a encore fort peu de lumière produite. Dans cette expérience, nous avons une combinaison presque instantanée de l'oxygène avec l'hydrogène. Au moment de l'explosion, les gaz qui en résultent occupent environ dix fois le volume du mélange primitif, et produisent ainsi une immense ondulation de l'air, ce qui est la cause du bruit que vous entendez. Quand il est refroidi, le produit de la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène occupe moins d'espace que n'en occupaient les gaz avant l'explosion. L'expansion soudaine qui se produit au moment de la combinaison est tout simplement l'effet de la grande chaleur produite. Supposons que la combinaison d'un pouce cube des deux gaz soit effectuée à l'extrémité inférieure d'un tube ayant un pouce carré et dix pouces de haut; l'expansion serait suffisante pour remplir le tube, en soulevant ainsi quinze livres d'air atmosphérique à une hauteur de neuf pouces. C'est là le travail que les gaz ont à accomplir quand ils prennent dix fois le volume qu'ils occupaient dans les bulles de savon; or, pour ce faire, une certaine quantité de chaleur doit être absorbée. Nous savons, d'après les recherches de MM. Joule et Mayer, que cette quantité de chaleur serait suffisante pour élever de 0°,592 Fahr. les deux tiers d'un pouce cube d'eau. Cette même quantité de chaleur, communiquée à deux tiers d'un pouce cube de vapeur, porterait à 2121° Fahr. la température de cette vapeur.

Si nous empêchons l'expansion des gaz au moment où ils se combinent, la chaleur produite porte leur température de 7364° à 9485° Fahr. Examinons quel effet aura sur la lumière produite, au moment de la combinaison des gaz, ce changement de conditions. Ce vase de verre (un eudiomètre de Cavendish), assez fort pour résister à la force d'expansion des gaz au moment de leur combinaison, contient le mélange qui a produit tant de bruit et si peu de lumière quand nous avons provoqué son explosion dans les bulles de savon. Enflammons au moyen d'une étincelle électrique les gaz ainsi emprisonnés, nous obtenons une brillante lumière. Il ne se produit aucun bruit, parce que les gaz n'ont pas pu s'épandre, mais nous avons une lumière intense. On cherchera sans doute à expliquer le phénomène en disant que la lumière provient de l'accroissement de température; mais nous avons vu qu'un accroissement de température de 3588° Fahr., différence entre la température de l'hydrogène brûlant dans l'air et de celle de l'hydrogène brûlant au contact de l'oxygène, n'a pas accru la lumière.

Je ne prétends pas dire que ce soit là une expérience décisive, mais c'est tout au moins un fait remarquable, et ce fait n'est pas isolé. Si nous prenons de l'hydrogène et que nous le brûlions dans du chlore, nous obtenons un peu plus de lumière qu'en le brûlant dans l'air; cependant la lumière est encore très-faible. Voici un vase contenant un mélange d'hydrogène et de chlore, vase que nous avons mis à l'abri de la lumière du jour, car cette lumière produit la combinaison des deux gaz. Si nous provoquons l'explosion de ce mélange dans des bulles de savon, nous obtenons le même bruit intense qu'avec le mélange d'oxygène et d'hydrogène, et sans beaucoup plus de lumière. Mais si la combinaison a lieu dans un vase clos, où la force d'expansion des gaz se trouve paralysée, nous obtenons une lumière intense.

Autre exemple : Si nous brûlons, à la pression atmosphérique ordinaire, de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, nous avons un peu plus de lumière que dans le cas de l'hydrogène et de l'oxygène, bien que la différence soit à peine sensible. La température de l'oxyde de carbone brûlant dans l'air est, selon Favre et Silbermann, de 5122° Fahr. ; cette température se trouve augmentée de 7072° quand il brûle dans l'oxygène pur, c'est-à-dire que la température est alors de 12794° Fahr. ; mais l'augmentation de lumière reste insignifiante. Au contraire, si nous faisons brûler le même mélange dans un vase clos, nous obtenons une lumière encore plus brillante qu'auparavant. Dans tous ces cas, nous obtenons donc un effet lumineux puissant en ne permettant pas l'expansion des gaz, bien que, dans aucun de ces gaz, il n'y ait pas une seule particule de matière solide.

En étudiant un certain nombre de flammes de divers genres, nous en trouverons beaucoup qui possèdent un pouvoir lumineux considérable, bien qu'elles ne contiennent certainement aucune particule solide. Ainsi la flamme de l'arsenic métallique brûlant dans l'oxygène émet une remarquable lumière blanche très-intense ; or, comme l'arsenic métallique se volatilise à 180° centigr. et le produit de sa combustion, l'anhydride arsénieux, à 218° centigr., tandis que la température de l'incandescence dans les solides est d'au moins 500° centigr., il est impossible d'admettre ici la présence de particules solides dans la flamme.

Avançons d'un pas encore avant de quitter ce sujet. Brûlons sur un plat, au contact de l'air, le liquide appelé bisulfure de carbone. Ce composé brûle avec une flamme bleue à peu près aussi lumineuse que celle de l'oxyde de carbone. La flamme est grande, mais la lumière qu'elle émet reste excessivement faible. Bien que le carbone entre dans la composition de ce liquide, je n'obtiens pas la moindre trace de dépôt noir quand je présente à la flamme un morceau de porcelaine. Si j'examine la porcelaine avec soin, j'y découvre un léger dépôt de soufre, autre élément entrant dans la composition du liquide; mais, comme le soufre devient gazeux bien au-dessous de la chaleur rouge, aucune particule solide de ce corps ne peut exister dans la flamme. En brûlant le bisulfure de carbone dans l'oxygène, on obtient une température beaucoup plus élevée. Il est bien évident que, dans ce dernier cas, le carbone et le soufre avaient beaucoup plus de chances d'être complétement oxydés, et, par conséquent, il est encore moins probable qu'ils pourront se précipiter dans la flamme sous la forme solide. Cependant l'expérience prouve que cette combustion du bisulfure de carbone dans l'oxygène s'accompagne d'une vive lumière. La lumière produite a un caractère tout particulier, mais elle est très-intense.

Si nous remplaçons l'oxygène par du bioxyde d'azote, nous

(1) Ces nombres et ceux qui les accompagnent ont été calculés sans tenir compte de l'abaissement de température dû à la dissociation. A l'époque où cette lecture a été faite, les résultats des expériences de M. Bunsen (cités plus loin dans l'article de M. H. Sainte-Claire Deville) n'étaient pas encore publiés. Je montrerai bientôt que ces résultats n'infirment en aucune façon mon raisonnement.

ns également une lumière brillante, la plus bril- t-être qu'on puisse obtenir par des moyens purement s. Nous allons produire cette lumière de deux fa- llons d'abord un jet de bioxyde d'azote, — gaz arde ordinairement comme incombustible, — dans r du bisulfure de carbone. Pour cela, je place te quantité de bisulfure dans un tube de verre, hauffe jusqu'à ce que sa vapeur remplisse le tube; alors cette vapeur à l'extrémité du tube, et je fais travers la flamme un jet de bioxyde d'azote. Nous ainsi une flamme très-brillante qu'on pourrait em- u lieu de la lumière du magnésium, pour faire des phies à l'intérieur des cavernes ou des mines. Cette brillante, obtenue en brûlant un jet de bioxyde ans de la vapeur de bisulfure de carbone, ne contient nent pas de particules solides : elle est entièrement e gaz et de vapeurs. Je vais maintenant brûler la lu bisulfure de carbone dans le gaz bioxyde d'azote. t, j'introduis dans ce vase rempli de bioxyde d'azote e de verre contenant du bisulfure de carbone; après mé le vase, je l'agite fortement de façon à briser la verre et à saturer le gaz de la vapeur du composé uis j'enlève le couvercle du vase, et j'approche un flammé. Le mélange brûle en produisant une lumière insupportable, presque aveuglante, quand on en est . Cependant cette lumière extraordinaire ne con- cune particule solide; les produits de la combustion, n que les corps brûlés, sont tous gazeux. Il est donc ue la présence de particules solides dans la flamme une condition essentielle du pouvoir lumineux.

ment fondé sur le spectre continu de la flamme du ouille ne soutient en aucune façon la théorie des es incandescentes, car la flamme de l'oxyde d'azote dans le bisulfure de carbone, et la flamme de l'ar- roduisent aussi des spectres continus, et nous venons qu'elles ne contenaient cependant aucune particule est donc évident que la lumière produite par des gaz apeurs enflammés peut ressembler à celle qui pro- un solide incandescent, et donner comme elle un continu.

uvoir lumineux de la flamme dépend-il donc de la ture? Il n'y a pas de doute que la température ne soit facteurs impliqués dans la combustion lumineuse, le n'ait une influence considérable sur le caractère nsité de la lumière produite. Vous avez vu la lumière rée par la combustion du soufre dans l'air atmosphé- umière un peu plus intense que celle de l'hydrogène; us ai montré aussi qu'en faisant brûler le soufre non ns l'air ordinaire, mais dans l'oxygène, la lumière pro- evient beaucoup plus vive. Dans ce dernier cas, elle bablement de vingt à cinquante fois plus intense que premier. Or, en substituant l'oxygène à l'air atmos- e, nous ne faisons qu'élever la température de la ; mais cette flamme continue à ne contenir aucune le solide. L'élévation de la température dépend simple- e cette circonstance, que l'oxygène se combine tout avec le soufre; tandis que, dans l'air atmosphérique, ne grande proportion d'azote qui ne prend point part la combustion, mais qui partage avec les éléments chaleur produite, ce qui réduit ainsi la tempéra- la flamme.

Il est donc certain que la température influe sur le pouvoir lumineux de la flamme. La combustion du phosphore nous en présente un autre exemple: Quand on brûle ce corps dans l'air atmosphérique, on obtient une lumière très-brillante; le phosphore est, vous le savez, un des corps doués du plus grand pouvoir lumineux. Mais si l'on fait brûler le phosphore dans de l'oxygène pur, on obtient une lumière beaucoup plus intense encore, tout simplement parce qu'il n'y a plus alors d'azote qui vienne soustraire une partie de la chaleur des corps en combinaison. Dans ces deux cas, le phosphore s'unit avec l'oxygène; mais, dans le premier, une grande partie de la chaleur résultant de l'action chimique se trouve employée à élever la température d'un volume considérable d'azote inutile. La différence de pouvoir lumineux de la flamme du phosphore dans ces deux expériences me semble dépendre uniquement de la différence de température. J'appelle votre attention sur le phosphore d'une manière toute particulière, parce qu'on suppose ordinairement que le remarquable pouvoir lumineux de cette flamme est dû à des particules solides incandescentes d'acide phosphorique anhydre qu'elle tiendrait en suspension; mais, en réalité, ce corps est volatil. L'acide phosphorique anhydre se volatilise au-dessous de la chaleur blanche, et, comme la température de la flamme du phosphore dans l'oxygène est beaucoup plus élevée que celle de la chaleur blanche, je crois que l'expérience que nous venons de faire est un parfait exemple de la production d'une lumière très-brillante provenant uniquement de matières gazeuses. Davy mentionne ce fait en exposant sa théorie sur la cause du pouvoir lumineux dans les flammes, et il essaye d'expliquer ce phénomène qui, pour lui, était anormal; il dit : « Depuis que ce mémoire est écrit, j'ai trouvé que l'acide phosphorique se volatilise lentement à une forte chaleur rouge; mais, quand il est soumis à une pression modérée, on peut le porter à la chaleur blanche. Dans une flamme aussi intense que celle du phosphore, la force élastique doit produire un effet de compression. » (*Œuvres de Davy*, vol. VI, page 48.)

Bien qu'il soit évident que le pouvoir lumineux de certaines flammes augmente avec leur température, nous ne devons cependant pas oublier que l'hydrogène brûle dans l'oxygène à une température très-élevée, sans produire presque aucune lumière ; la flamme de l'hydrogène brûlant dans l'air possède une température de 3776° Fahr.; mais, lorsque la combustion a lieu dans l'oxygène, la température s'élève à 7364°: cependant cette grande élévation de température augmente à peine d'une manière sensible le pouvoir lumineux de la flamme.

Quelle condition additionnelle s'est donc trouvée mise en jeu quand nous avons fait produire une lumière si éblouissante aux flammes de l'oxygène et de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, de l'hydrogène et du chlore? Vous vous rappelez que nous avons emprisonné les gaz mélangés, de façon à paralyser leur force d'expansion; en conséquence, la densité de la vapeur ou du gaz produit par la combustion de chaque mélange s'est beaucoup accrue pendant la combustion. Dans le cas de l'oxygène et de l'hydrogène, le produit a eu pendant un instant dix fois la densité normale du produit de la combustion des gaz non emprisonnés. Or, si nous passons en revue nos expériences sur la combustion lumineuse, nous trouverons que les corps qui nous ont donné le plus de lumière sont ceux qui donnent les vapeurs ou les gaz

les plus denses. En un mot, on peut dire que les degrés relatifs d'éclat lumineux sont presque proportionnels aux densités relatives des différents produits de la combustion.

Nous avons réuni, dans le tableau suivant, les densités de quelques-uns de ces produits, en prenant pour unité la densité de l'hydrogène.

Densités relatives des gaz et des vapeurs.

Hydrogène	1
Eau	9
Acide chlorhydrique	18 1/4
Acide carbonique	22
Acide sulfureux	32
Terchlorure d'arsenic	90 3/4
Acide phosphorique anhydre	71 ou 142 ?
Arsenic métallique	150
Arsenic arsénieux	198

La densité de la vapeur d'eau, qui est le produit de la combustion de l'hydrogène dans l'oxygène ou dans l'air atmosphérique, est seulement 9 fois plus grande que celle de l'hydrogène. Au contraire, quand nous avons brûlé de l'hydrogène dans le chlore, il s'est formé du gaz acide chlorhydrique dont la densité est 18 fois et quart celle de l'hydrogène ; aussi vous vous rappelez que le pouvoir lumineux de la flamme, bien que très-faible encore, était cependant sensiblement supérieur à celui de la flamme oxy-hydrogène.

Examinons maintenant l'arsenic métallique qui a brûlé dans l'oxygène avec une flamme si éblouissante. L'arsenic est un corps tout particulier, ayant une densité de vapeur qu'on appelle anormale. La vapeur de ce corps s'entasse dans la moitié de l'espace qu'elle devrait occuper. Si l'on raisonne par analogie d'après les autres vapeurs, elle a une densité de 150, l'hydrogène étant pris pour 1. En brûlant dans l'oxygène, l'arsenic produit de l'acide arsénieux, qui a également une vapeur de densité anormale, car cette densité n'est pas moins de 198 fois plus grande que celle de l'hydrogène. Ainsi, dans ce cas remarquable, nous sommes en présence, d'abord, d'un métal volatil qui, par lui-même, possède à l'état de vapeur une densité extraordinairement élevée, et, en outre, d'un composé volatil de ce métal avec l'oxygène, composé volatil bien au-dessous de la chaleur rouge, et qui, à l'état de vapeur, est 198 fois aussi dense que l'hydrogène, c'est-à-dire plus de 20 fois aussi dense que la vapeur d'eau.

Par la combustion du phosphore dans l'oxygène, combustion accompagnée d'un effet lumineux si intense, nous obtenons de l'acide phosphorique anhydre, dont la densité à l'état de vapeur n'a malheureusement pas été déterminée ; mais, comme la vapeur de phosphore a aussi une densité anormale, il est plus que probable que la densité de l'acide peut être évaluée à 142, car la densité normale serait 71.

Ainsi, bien qu'il puisse y avoir quelques exceptions, l'examen général de toute la série des expériences faites sur la combustion lumineuse nous autorise à dire que la densité de la vapeur qui brûle dans une flamme présente un certain rapport avec l'intensité de la lumière de cette flamme. S'il en est ainsi, une flamme qui produit de la lumière en vertu de la densité de la vapeur qu'elle contient, doit donner moins de lumière lorsque, par un moyen quelconque, nous réduirons la pression de la vapeur sur la flamme, en forçant l'expansion de cette vapeur.

Si, par exemple, nous faisons brûler de l'arsenic dans l'oxygène en réduisant considérablement la pression, de telle sorte que la vapeur de l'acide arsénieux, par suite de l'expansion qu'elle subit, devienne beaucoup plus légère, le pouvoir lumineux de la flamme devra diminuer sensiblement ; l'expérience nous prouve qu'il en est effectivement ainsi.

Je fais d'abord brûler de l'arsenic à la pression ordinaire ; puis je réduis graduellement la pression, au moyen d'une machine pneumatique, jusqu'à ce qu'elle soit devenue moitié moindre que la pression extérieure ; vous pouvez voir que la flamme produit alors moins de lumière. Si nous réduisons encore la pression et que nous l'abaissions à un quart d'atmosphère, vous voyez que le pouvoir lumineux de la flamme se trouve encore considérablement réduit. Pour réaliser cette frappante expérience, on fait brûler l'arsenic dans un tube à réservoir relié à un ballon cylindrique, d'où la vapeur produite est enlevée au moyen d'une machine pneumatique. Le courant d'oxygène est réglé par un robinet, de façon que la flamme de l'arsenic conserve le même volume pendant toute la durée de l'expérience. Ainsi, tandis que nous avions une flamme très-brillante quand l'arsenic brûlait dans l'oxygène à la pression ordinaire, nous avons par degrés réduit ce pouvoir lumineux à son état de faiblesse actuelle en raréfiant l'oxygène et en dilatant ainsi les vapeurs de l'arsenic et de l'acide arsénieux. Nous verrons tout à l'heure la portée de cette expérience en ce qui concerne le pouvoir lumineux de la flamme du gaz de houille.

Je vais maintenant faire l'expérience inverse, et vous montrer comment nous pouvons graduellement augmenter le pouvoir lumineux d'une flamme en augmentant la densité de la vapeur qui la compose. Je place cette petite lampe à esprit-de-vin, qui produit en ce moment une lumière si *faible*, sous le récipient d'une pompe à comprimer l'air, et vous pouvez remarquer que la flamme prend de plus en plus d'éclat à mesure que la pression de l'air environnant devient plus considérable. J'ai là un eudiomètre de Cavendish rempli d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène, où je vais faire passer une étincelle électrique. Ce mélange est en ce moment à la pression atmosphérique ordinaire ; par conséquent, au moment de l'explosion, comme il ne peut se dilater, il deviendra dix fois plus dense que si l'expérience avait lieu en plein air sans que rien empêche la dilatation momentanée des gaz. Vous voyez en effet apparaître, au moment de l'explosion, une lumière éblouissante. J'introduis maintenant dans ce vase le même mélange de gaz, mais à la pression d'un dixième d'atmosphère seulement. Lorsque l'explosion se produit, la température restera sans doute un peu plus basse que dans le cas précédent ; elle sera cependant encore bien plus élevée que si l'hydrogène brûlait en plein air ; mais, au moment de l'explosion, le mélange gazeux atteindra seulement la pression atmosphérique ordinaire. Nous devons donc nous attendre à une grande diminution du pouvoir lumineux ; et vous voyez en effet que la lumière produite n'est pas beaucoup plus vive que celle qui résulte de la combustion de l'hydrogène en plein air. Au moment de l'explosion, nous n'avions dans l'intérieur de l'eudiomètre qu'une pression d'environ trente pouces de mercure ; la vapeur d'eau produite par la combustion n'avait donc que la densité qu'elle possède quand elle résulte de la combustion des gaz à l'air libre ; aussi la lumière produite par l'explosion a-t-elle été à peine visible dans l'amphithéâtre.

Il y a une autre expérience qui complétera cette partie de notre sujet, c'est-à-dire la démonstration du rapport de la lumière des flammes avec la densité des gaz au moment de leur

logie entre les phénomènes de dissociation et n'en reste pas moins très-prochaine.
nt cette comparaison au delà des limites fixées e, on voit que le point de décomposition d'un loit s'élever avec la température, comme le ion d'un liquide. C'est cette considération qu'on oppée dans un article des *Comptes rendus*, que lecteur la permission de reproduire plus bas. sidération aussi qui m'a inspiré les expériences s j'ai sollicité et obtenu la construction d'un l destiné à permettre des expériences à haute la combustion. Dans ce moment, à peu près, publiait, dans nos *Comptes rendus de l'Acadé-*, un admirable travail qui a provoqué l'article luis et qui porte la date du 30 novembre, sous *température des flammes et de ses relations avec*

ticle :

ssible de n'être pas vivement frappé des consé-mbreuses qu'on peut tirer des expériences pu-s derniers temps par M. Frankland. Je demanderai de développer ici quelques idées que m'a suggé-ifique travail, et d'exposer un plan d'études com-depuis longtemps dans mon laboratoire et dont les découverts par l'illustre chimiste anglais changent ction.
nd, pour rappeler en un mot ses principales expé-ntre que plus on élève la pression d'un dard de gaz oxygène et hydrogène brûlant dans une atmos-née, plus cette flamme, qui est à peine visible dans res ordinaires de la pression, devient brillante et C'est à ce point qu'à une haute pression, on obtient ont l'intensité est comparable à celle d'une bougie. ffit pour montrer l'importance de pareils résultats, re aussi imprévus qu'ils sont nettement et claire-

nd cherche la meilleure explication à donner de t, et il la trouve dans l'augmentation seule de la compagne nécessairement la compression des gaz. i des conclusions qui semblent devoir infirmer les s apportées dans la science par sir Humphry Davy, nt à la théorie de la flamme une base qui a tou-ébranlable. J'avoue que sur ce dernier point je ne s idées de M. Frankland ; je fonde mon opinion sur encore mal analysés et que je décrirai bientôt, si ur donner la forme démonstrative qui leur manque 'état actuel de la science il faut imprimer à toutes ns.
rai pas avec la même fermeté les questions rela-ence de la densité sur le pouvoir éclairant des me mieux développer ici une idée que je trouve en a communication de M. Frankland. Notre confrère anque de pouvoir éclairant de la flamme du phos-t dans le chlore en s'appuyant sur la faible élévation ure qu'une combustion accompagnée d'un aussi ment de chaleur doit évidemment provoquer. Je est la vraie, la seule raison.
d'abord quelle est la condition principale que doit remplir une flamme pour être éclairante. Si l'on prend une flamme obscure et chaude, comme celle d'un brûleur de Bunsen, et qu'on y introduise du sel marin, chacun sait qu'on obtient une lumière peu intense, monochromatique, parce que le prisme ne l'étale pas en spectre et n'y fait apparaître qu'une raie brillante. Mais augmentons la température de cette flamme en y ajoutant, par exemple, de l'oxygène, et immédiatement l'éclat s'avive, le nombre des raies se multiplie, et par conséquent on approche d'un spectre complet. Les expériences de M. Fizeau et de MM. Wolf et Diacon sont, à ce point de vue, d'une netteté remarquable. Mais employons l'appareil de M. Debray, qui permet de développer, pour s'en servir dans les expériences spectroscopiques, une température de 2500 degrés environ, par conséquent extrêmement élevée. Dans cette flamme, le spectre du sodium s'étale et se complète ; on peut admettre alors que le grand nombre de raies brillantes que ce spectre contient se confondent pour former un tout qui semble continu. On fait une observation du même genre quand on fait brûler de grandes masses de sodium à l'air ou dans l'oxygène, ou quand on enflamme du lithium : la flamme du sodium, qui est ordinairement monochromatique et jaune ; celle du lithium, qui est ordinairement rouge, deviennent toutes les deux blanches ; elles contiennent alors tous les rayons, ou, si l'on veut, toutes les raies brillantes de toute réfrangibilité. Elles deviennent donc éclairantes quand le métal brûle à haute température.

Cette observation est encore exacte même pour les rayons invisibles, pour les rayons chimiques des flammes dont les raies se pressent et se multiplient dans le spectre au fur et à mesure qu'on emploie pour les produire des sources lumineuses à températures plus élevées. C'est là une observation capitale, due à M. Mascart. Ainsi, le nombre des raies s'accroît à mesure que la température s'élève dans les flammes qui les produisent, et quand cette température a atteint une certaine intensité, ces raies se confondent pour donner un spectre continu. Alors la flamme devient nécessairement blanche, brillante et éclairante.

C'est un fait du même genre qui se produit dans l'expérience de M. Frankland. Les raies augmentent en nombre et en intensité dans la flamme de l'hydrogène à mesure que la pression exercée sur le mélange tonnant, en dehors et en dedans du chalumeau, va elle-même en augmentant. Que faut-il en conclure de plus rationnel, sinon que la température elle-même augmente dans la flamme à mesure que la pression augmente ? C'est là un fait capital dont la démonstration pourrait paraître suffisante ; mais il est plein de conséquences tellement importantes, que des vérifications directes doivent encore être exigées. Je reviendrai plus loin sur ces conséquences et sur les procédés de vérification que je compte employer ; mais je désire montrer tout de suite que ces considérations, tirées de l'analyse spectrale, expliquent très-bien le fait du pouvoir éclairant considérable de l'hydrogène arsénié, pouvoir que la théorie de Davy, qui, je crois, est incomplète à ce point de vue, ne peut interpréter par la présence supposée d'un corps solide dans la flamme. Il est bien évident que les gaz, en brûlant, donnent des raies. Si ces raies sont brillantes et nombreuses par des raisons tenant à la nature même des substances observées, il est clair que la flamme de ces gaz sera brillante et d'autant plus éclairante, que leur spectre contiendra des raies de réfrangibilités plus différentes. C'est là un phénomène appartenant à [illegible] nic en vapeur contenu dans la flamme de l'hydrogèn [illegible] e semble qu'il est inutile de faire interve [illegible] pareil fait, la considération des densités, [illegible] l'objection de M. Frankland lui-mê [illegible] du phosphore brûlant dans le [illegible]

Ainsi le [illegible] ement gazeuse est une pro [illegible] duction des raies fourn [illegible] ussi inex- [illegible] mêmes, la [illegible] and re- [illegible] ogène

'une flamme soit *brillante*, il suffit que les rayons qui en ent-ils simples et appartenant à une lumière monochro-sèdent une grande intensité. Pour qu'une flamme soit ns l'acception ordinaire de ce mot, il faut qu'elle pos-tous les rayons du spectre solaire ; il faut qu'elle soit 'elle le soit le plus possible, en se rapprochant de la lu [illegible] il.

carboné très-dense me semble difficile à appuyer sur l'expérience. On sait bien, en effet, que tous ces hydrogènes carbonés se dédoublent aux températures les plus basses en hydrogène et en charbon, hydrogéné, c'est vrai, mais opaque (1). Je crois donc que la théorie de Davy reste entière.

J'ai dit que si la flamme de l'hydrogène devient éclairante à haute pression, cela tient à ce que la température de la flamme s'accroît à mesure que la pression à laquelle se fait la combustion s'élève elle-même. Voyons maintenant les conséquences de ce fait, en le supposant bien établi.

M. Debray et moi nous avons démontré que la température de combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène était, à la pression ordinaire, de 2500 degrés. Nous avons déterminé ce point fixe en versant dans l'eau un kilogramme de platine fondu et porté à la température la plus élevée qu'on puisse obtenir dans un four à chaux, et en nous servant de l'élévation de température de cette eau, de la chaleur spécifique du platine et de la loi de son accroissement, données par M. Pouillet, et de sa chaleur latente calculée par M. Person. Nous aurions désiré contrôler par un grand nombre d'épreuves un résultat aussi important, et le fixer, autant que le permettaient les données du calcul, d'une manière incontestable. Pour cela il fallait employer de grandes masses de platine et se mettre à l'abri d'accidents très-graves, d'explosions terribles dont nous avons failli être victimes. Nous nous préoccupions vivement de la solution de cette question lorsque M. Bunsen publia son beau mémoire sur les températures de combustion (2). L'excellence de la méthode inventée par le grand physicien d'Heidelberg nous dispensait de recourir de nouveau à un procédé pénible et dangereux, d'autant plus que les nombres obtenus par M. Bunsen sont en accord le plus parfait avec les nôtres. M. Bunsen donne 2800 degrés comme la température de combinaison des deux gaz purifiés et introduits à l'état de siccité absolue dans son eudiomètre à soupape. En tenant compte de l'humidité des gaz employés dans nos expériences et de l'azote introduit dans nos gazomètres par l'eau servant à déplacer les gaz, on arrive à un nombre très-voisin de 2800 degrés, que j'adopte désormais comme la vraie température correspondant à ce phénomène dans les circonstances où s'est mis M. Bunsen.

En adoptant le nombre 2500 degrés, j'arrivais à la fraction 0,44 (3) pour représenter la portion des gaz qui se combinent réellement au moment où, la chaleur du mélange étant maximum, la dissociation de l'eau correspondant à cette température met obstacle à l'union complète de ses éléments. En adoptant le nouveau nombre de 2800 degrés, on voit que la partie combinée ou non dissociée de la flamme d'hydrogène et d'oxygène est réellement 0,50, ou moitié de la masse totale.

L'eudiomètre à soupape a permis en outre à M. Bunsen de rechercher la température de combustion lorsque la pression totale des gaz oxygène et hydrogène est diminuée et portée au-dessous de la pression atmosphérique. Il suffit pour cela d'ajouter au mélange tonnant une certaine quantité de gaz inerte. Alors M. Bunsen a vu décroître rapidement cette température au fur et à mesure qu'il faisait décroître la tension partielle des gaz tonnants. Par conséquent, la quantité de matière dissociée, ou la tension de dissociation de l'eau dans la flamme, va en décroissant avec la température.

Qu'arrive-t-il maintenant si l'on cherche la température de combinaison à une pression plus élevée que la pression atmosphérique? Les expériences de M. Frankland le montrent manifestement. Mais, pour acquérir à ce sujet une certitude absolue, il faut une vérification éclatante qu'on pourra obtenir, soit en fondant du platine dans une atmosphère artificiellement condensée, soit en y répétant les expériences de M. Bunsen avec l'eudiomètre à soupape.

Ce sont ces expériences que je vais commencer en les effectuant dans un laboratoire à parois de fer susceptibles de résister à une pression de 3 atmosphères au moins, pression que l'expérience du pont de Kehl nous montre absolument inoffensive pour l'homme.

On comprendra tout de suite les conséquences pratiques qui pourront découler d'une série d'expériences faites sous pression avec les combustibles communément employés. Elles conduisent immédiatement à l'essai de foyers alimentés d'air forcé sous une pression égale à la pression de la vapeur dans le générateur. Ces foyers, surtout s'ils sont alimentés avec des huiles minérales dont on commence déjà à préconiser l'emploi et qui ne laissent aucun résidu après leur combustion; ces chaudières, où les produits de la combustion comprimés à 5 atmosphères, par exemple, se mouvraient à travers les tubes avec une vitesse cinq fois moindre que dans nos appareils actuels, permettraient sans doute de diminuer considérablement la surface de chauffe. C'est à cause de l'intérêt que des recherches de cette nature peuvent avoir en fournissant aux ingénieurs de la Marine les données nécessaires pour en calculer les résultats, que l'Empereur a bien voulu ordonner que des expériences fussent faites dans le laboratoire de l'École normale. Là une grande chambre cylindrique de fer, susceptible de contenir l'opérateur et ses apppareils, et de supporter une pression considérable d'air fourni par une *pompe à vapeur*, constituera un laboratoire où toutes les manipulations nécessaires à la détermination des températures produites par les flammes et les combustibles solides pourront s'effectuer sans danger.

Si, comme c'est déjà presque démontré par ce que je viens de dire et par toutes les observations faites par les ingénieurs et les médecins dans les chambres à air comprimé; si la température de combustion s'y élève en même temps que la pression s'accroît, ce sera une analogie de plus à ajouter à celles que j'ai signalées en si grand nombre entre les phénomènes de combinaison et de décomposition d'une part, et les phénomènes de condensation des vapeurs et de volatilisation d'autre part.

En effet, on peut appeler *température maxima de condensation de la vapeur* ce qu'on désigne improprement sous le nom de *point d'ébullition d'un liquide*. Cette température n'est pas autre que celle à partir de laquelle une vapeur ne se condense plus à la surface d'un thermomètre froid et qui s'échauffe uniquement au moyen de la chaleur latente à lui cédée par la vapeur au milieu de laquelle il est plongé. Le point d'ébullition, ou température de condensation s'élève, on le sait, quand on augmente la pression au-dessus du liquide qui produit la vapeur.

Le phénomène est plus complexe en apparence, mais parfaitement corrélatif à l'acte de la condensation des vapeurs, lorsque l'on considère la combinaison des corps, et en particulier de l'oxygène et de l'hydrogène, dans le chalumeau à gaz tonnants.

En admettant que la température de combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène soit de 2800 degrés, la quantité d'eau formée à la pression de 760 millimètres sera dans la flamme, au point le plus ardent (1),

$$\frac{637 + (2800 - 100)\, 0,475}{3833} = 0,5,$$

(1) J'ai démontré (*Revue des cours scientifiques*, t. II, p. 22, 10 décembre 1864, et *Leçons de la Société chimique en 1864 et 1865*, p. 317) que, dans l'oxyde de carbone fortement chauffé, il y avait dissociation du gaz avec production d'oxygène et d'un charbon jaune, pulvérent et léger, auquel est due, suivant toute apparence, la teinte bleue de la flamme. M. Cailletet a observé qu'en aspirant et refroidissant brusquement les gaz à la tuyère d'un haut fourneau au moyen de mes tubes chaud et froid, ces gaz produits par un charbon absolument dénué de parties volatiles étaient rendus presque opaques par une sorte de brouillard épais et brunâtre qui, au bout d'un temps très-long, se résout en un dépôt noir-jaunâtre de charbon extrêmement divisé.

(2) Voyez *Annales de Poggendorff*, t. CXXXI, p. 161.

(3) Voyez *Leçons de la Société chimique* (*De la dissociation*), p. 290.

(1) Voyez *Leçons de chimie professées en 1864 et 1865 devant la Société chimique*, p. 290 (*Leçons sur la dissociation*). Hachette, 1866.

dire qu'une moitié seulement de l'oxygène et de l'hydro-
ra combinée à la pression de 760 millimètres.
, si nous augmentons la pression, la température de la
augmentant aussi, on voit, d'après la formule précédente,
roportion de matière combinée ou de vapeur d'eau formée
roissant au fur et à mesure que la pression augmentera;
ent comme la tension d'une vapeur saturée augmente au
mesure qu'on augmente la température. Enfin la tempé-
le combinaison d'un mélange gazeux, comme la tempéra-
xima de condensation (ou point d'ébullition) d'une vapeur
ite avec la pression.
atière combinée dans la flamme joue le même rôle que
re condensée dans une enceinte pleine de vapeur dont on
er la température et la pression, de manière que la vapeur,
jours saturée.
clair, d'après cela, que la quantité de matière non com-
u dissociée dans la flamme diminue en même temps que
ion augmente. On peut donc supposer qu'il y a une pres-
un mélange d'hydrogène et d'oxygène produirait, en se
ant, cette inimaginable température de 6800 degrés qui
ond à une combinaison totale. Mais il n'est pas plus pos-
faire à cet égard d'hypothèse sérieuse que de demander
une pression à laquelle l'eau ne pourrait plus entrer en
on, quelle que fût la température qu'on lui appliquât.

la communication de M. Frankland que contient ce
de la *Revue*, on voit très-nettement que l'auteur fait
rt beaucoup plus large que dans sa communication du
bre à l'action de la température dans l'explication des
nènes lumineux de la flamme. En y réfléchissant bien,
de mon côté, disposé à trouver, dans la densité plus
ns grande des gaz en combustion, une cause d'aug-
ion pour la lumière qu'ils émettent. On pourrait donc
rer l'éclat d'une flamme comme dépendant ou pou-
épendre :
u nombre et de la disposition des raies spécifiques que
stances existant dans les flammes peuvent donner à l'a-
spectrale.
e la température à laquelle sont portés les éléments
e flamme.
fin de leur densité.
onsidérations rapportées dans ma note du 30 novembre
admettre facilement l'influence des deux premières
Quant à la troisième, introduite comme principale
docteur Frankland à la suite de ses beaux travaux,
mme on peut la concevoir.
dans ses études sur la polarisation rotatoire molécu-
ait voir que les phénomènes de déviation du plan de
tion effectués par les matières actives sont propor-
s :
la longueur de la couche traversée par la lumière;
la proportion pondérale des matières actives contenues
tte couche ;
la densité de la matière elle-même.
ient, selon lui, les caractères d'une action qu'il appe-
léculaire, par exemple de celle qu'exerce l'essence de
thine sur la lumière polarisée qui traverse une file
cules de cette matière placées sur le trajet du rayon.
ourrait par analogie comprendre que l'intensité de la
produite par une flamme fût proportionnelle à sa
, si l'on admettait l'hypothèse suivante, à laquelle je
he pas plus d'importance que le docteur Frankland n'en
à la théorie des atomes, mais qui me servira à faire
ndre ma pensée.

On admet ordinairement que les gaz contiennent sous le même volume le même nombre d'atomes, et que les *poids de ces atomes* sont proportionnels aux équivalents convenablement choisis. Aussi ces équivalents portent-ils le nom de poids atomiques. Mais on peut admettre aussi que les gaz contiennent tous, ou la même espèce d'atomes, ou même des atomes de nature différente, mais de poids égaux. De cette manière, les équivalents des gaz et vapeurs seraient proportionnels au *nombre* de ces atomes contenus dans le même volume; les densités de ces gaz qui sont proportionnelles aux équivalents seraient également proportionnelles au nombre des atomes contenus dans le même volume. Je suppose que chaque atome, en brûlant, émette une certaine quantité de lumière. L'intensité de cette lumière serait d'abord proportionnelle au nombre de ces atomes, c'est-à-dire à la densité de la matière en combustion; 2° à la température, c'est-à-dire au carré de la vitesse des vibrations de ces molécules mises en mouvement par la chaleur. 3° Enfin, les particules d'un gaz inerte comme l'azote, mélangé avec l'hydrogène et l'oxygène, s'illuminant elles-mêmes sous l'influence de la chaleur dégagée par la combustion, peuvent augmenter le pouvoir éclairant de ce mélange.

Je donne cette hypothèse pour ce que valent toutes les hypothèses sur la constitution intime des corps. Quand on parle de molécules, d'atomes, on n'explique rien, mais on exprime sa pensée dans un langage devenu élémentaire. Cela me suffit.

La pression, ayant pour effet d'augmenter la densité des gaz, doit également augmenter leur éclat. C'est là ce qu'admet M. Frankland. Mais on peut admettre aussi que la pression diminue la tension de dissociation de la matière résultant de la combinaison des éléments de la flamme; par conséquent que la température de cette flamme augmente avec la proportion de matières réellement combinées. C'est un raisonnement que l'expérience peut atteindre, et c'est par ce côté réalisable que j'espère arriver à la connaissance de la vraie cause des beaux phénomènes découverts par le docteur Frankland.

HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE,
Membre de l'Institut,
Professeur à l'École normale supérieure et à la Faculté des sciences de Paris.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
de l'Institut

XXXVII

Critique du polygénisme (suite). — Fécondité du croisement entre groupes humains

Nous avons vu les polygénistes manquer de notions précises relativement à la distinction si importante à établir entre

(1) Voyez notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des 9 mai, 6, 13 juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12, 26 septembre, 3, 10, 17 octobre 1868; — et le présent volume, pages 85, 122, 184, 201 et 219, 9 et 23 janvier, 20 et 27 février, et 6 mars 1869.

l'espèce, la race et la variété. Nous les avons vus méconnaître également les actions de milieu. Il nous reste à montrer les conséquences de cette double lacune, en examinant, parmi les objections de nos adversaires, celles qui se rattachent à la question des croisements.

Avant d'entreprendre cette réfutation, je dois vous entretenir très-brièvement de quelques assertions plus ou moins individuelles.

Voici d'abord une question de fait qui a été soulevée par Desmoulins dans les termes suivants : « Si les races blondes et les races colorées étaient de même espèce, il devrait se produire dans les populations isolées des variétés sporadiques. »

Il est assez difficile, au premier abord, de comprendre l'idée que renferme cette proposition, et les termes vagues et peu explicites dans lesquels elle est conçue prêtent déjà à plusieurs interprétations. Suivant qu'on s'arrêtera à l'une ou à l'autre, la réponse sera différente. Desmoulins a-t-il voulu dire, par exemple, que dans chaque groupe devaient apparaître sporadiquement des variétés exceptionnelles sans liaison entre elles et avec les autres groupes ? Si tel est le fond de sa pensée, il est facile de lui répondre par l'apparition de ces individus sexdigitaires et de ces hommes porcs-épics dont je vous ai parlé dans une de mes leçons. Il est clair que ce sont bien là des variétés sporadiques, fort rares sans doute, mais manifestant, lorsqu'elles se produisent, une puissance héréditaire très-prononcée, puisqu'on voit leurs caractères distinctifs persister pendant plusieurs générations, malgré leur lutte avec le sang normal au moment de chaque nouveau croisement. Ainsi comprise, l'objection précédente ne s'expliquerait donc que par l'oubli de phénomènes bien connus. En outre il est difficile de voir en quoi elle pourrait être opposée aux doctrines monogénistes. D'un autre côté, je ne puis croire que Desmoulins songe à taxer ses adversaires d'inconséquence, parce qu'il leur est impossible de constater, dans chaque population, l'apparition erratique de représentants de toutes les autres races. Ce serait être par trop exigeant.

En effet, quand une race s'est constituée sous l'influence d'un milieu particulier, il n'y a pas de raison pour qu'il s'y manifeste des variétés accusant les caractères de races formées et pétries pour ainsi dire par des milieux différents.

Il est évident, et c'est là, je crois, ce qu'a voulu exprimer Desmoulins, qu'une seule cause peut et doit amener dans un groupe soumis à un certain milieu les caractères d'un autre groupe constitué sous un autre milieu, c'est l'atavisme. Mais pour qu'il y ait atavisme, il faut que la race qui surgit d'une manière sporadique et sous forme de variété dans le sein d'une autre race, soit antérieure à celle-ci, en un mot, qu'elle l'ait précédée. Il faut de plus que cette même race, nécessairement plus ancienne, ait, d'une manière plus ou moins directe, concouru à former la seconde.

A ce point de vue, des variétés qui apparaissent dans un groupe avec les caractères propres à un groupe étranger, sont très-importantes à étudier et fournissent des renseignements très-intéressants. Est-il vrai maintenant, comme paraît le dire Desmoulins, qu'on n'en connaisse pas ? Certes non ; de pareils exemples, au contraire, sont assez fréquents, et il me sera facile d'en énumérer un grand nombre lorsque le moment sera venu d'aborder cet ordre de considérations. Vous me verrez moi-même insister beaucoup sur ce point du cours. Je me borne aujourd'hui à vous rappeler que, dans les races colorées, on enregistre souvent des faits de même nature que ceux dont Desmoulins semble affirmer l'absence absolue. C'est ainsi que parmi les nègres apparaissent assez souvent des individus d'une tout autre coloration. Je vous ai parlé de ce noir dans la famille duquel naissaient de temps à autre des individus blancs, bien qu'on n'eût pas souvenir de la présence d'un seul Européen dans son pays. Ce nègre cite donc, d'après sa propre expérience, un de ces exemples demandés par Desmoulins en manière de défi. En un mot, tout paraît se passer dans les groupes humains comme chez les moutons noirs d'Andalousie, et les vers à soie à cocons blancs de Valleraugue. Aussi, quand nous aborderons la question de l'homme primitif, est-ce précisément à cet ordre de faits que nous demanderons quelles conjectures il est permis de former sur les premiers ancêtres de l'espèce humaine. C'est encore l'apparition d'individus erratiques au milieu des races mixtes que nous aurons à étudier, qui nous servira parfois à déterminer les éléments de leur composition.

Je passe à une seconde objection, ou mieux à une explication, à un rapprochement destiné à faire cesser le désaccord flagrant qui existe entre le polygénisme et des faits trop évidents pour qu'on puisse songer à les nier.

Écoutez d'abord le raisonnement de Morton : La fécondité des hybrides croît avec la domesticité des espèces animales qu'on croise. Or, l'homme est le plus domestique des animaux. Donc les hybrides des diverses espèces humaines doivent présenter plus de fécondité que les hybrides résultant de l'union d'espèces animales toutes plus ou moins sauvages si on les compare à l'homme. Remarquez d'abord que Morton confond ici deux choses qui sont en réalité bien différentes, la domesticité animale avec l'état social tel qu'il n'existe *que* dans le genre humain. En effet, le propre de la domestication est de créer un assujettissement individuel et complet portant sur tous les actes de la vie de l'animal soumis à l'homme. L'animal domestique ne travaille, ne se repose, ne mange et ne dort, pour ainsi dire, que par la volonté du maître ; il est vraiment *sa chose*.

En dehors de l'esclavage, l'homme ne vit jamais dans de semblables conditions. Le serf lui-même n'était pas, à proprement parler, domestiqué. Il n'y a donc que l'esclave à qui on puisse appliquer cette expression ; encore par l'intelligence et la liberté morale échappe-t-il toujours à ce qu'a d'absolu la sujétion de l'animal domestique. Quoi qu'il en soit, on n'a pas observé que la fécondité fût plus grande entre les blancs et les nègres esclaves qu'entre les blancs et les nègres libres. C'est même chez les métis de la première catégorie que Nott est allé chercher des exemples d'infécondité. Je ne tiens d'ailleurs, en faisant cette remarque, qu'à opposer à Morton un polygéniste de la même école, car l'assertion de Nott pourrait, si elle était exacte, être prise dans un tout autre sens.

Je passe donc sur cette objection secondaire que m'a suggérée la première partie du raisonnement de Morton ; je lui accorde même que le croisement entre espèces soit d'autant plus fécond que les espèces rapprochées les unes des autres sont plus anciennement et plus complétement domestiquées. reste toujours ce fait sur lequel je ne saurais trop insister, fait incontestable, à savoir, qu'entre une fécondité seulement *plus grande* et une fécondité générale et absolue, sauf peut-être un petit nombre de cas exceptionnels, dont on se rend très-aisément compte, il y a une différence énorme, et, pour qui veut y réfléchir, un véritable abîme. Or, chez les ani-

les races seules présentent dans leur croisement cette é aussi régulière que continue, et les groupes humains duisent dans leurs unions comme les races animales.

à ce qu'on aurait à répondre à Morton si son asser-rincipale était admise comme conforme à la réalité des lais il n'en est même pas ainsi. Deux des espèces le plus nement domestiquées, l'âne et le cheval, donnent pré-nt naissance à des produits inféconds. D'un autre côté, n des Canaries, qui vit chez nous à l'état de captivité que de domesticité, et dont l'acclimatation en Europe iniment plus récente que la domestication de l'âne cheval, se croise facilement avec des espèces indigènes près sauvages, telles que le chardonneret, et donne t naissance à trois ou quatre générations d'hybrides s.

a même plus. L'hémione représente, dans ce même qui comprend l'âne et le cheval, une espèce entière-auvage. Cependant, croisée avec l'âne, elle donne des es féconds, tandis que les mulets ne le sont pas. Plu-l'entre vous ont vu sans doute à la Ménagerie ce *Polka*, émione et d'ânesse, qui a donné à plusieurs reprises uves de sa fécondité.

voyez par là combien l'assertion de Morton est en fait idée.

ive enfin à l'objection générale qu'on fait au mono-e en alléguant l'infécondité du croisement entre cer-spèces humaines. Toutes les difficultés de ce genre us sont opposées viennent encore de cette confusion te que font mes adversaires entre l'espèce et la race, ie de la méconnaissance des actions de milieu.

us ai déjà parlé du vague de certaines définitions de données par des écrivains polygénistes, et, comme le, je vous ai cité celle de Morton. Nous allons mainte-oir les conséquences de ce manque de précision aussi lans l'idée que dans les termes. Morton définit l'espèce forme organique primordiale » (*a primordial organic* si obscure que soit cette formule, vous voyez que l'idée ie, que la notion morphologique y figure seule. Celui une fois adoptée, va donc se trouver fort à l'aise en face phénomènes d'un autre ordre sur lesquels nous avons peine d'insister longuement, et qui se sont imposés à ns que nous ayons cru pouvoir échapper à la nécessité ir compte. Après les avoir au contraire laissés de côté, agit comme ne l'eût certainement jamais fait un natu-Il établit diverses sortes d'espèces et les caractérise nent par la facilité plus ou moins grande de leur ent. Il distingue : 1° les espèces éloignées (*remote spe-* espèces du même genre entre lesquelles il ne se pro-nais d'hybrides. » 2° Les espèces alliées (*allied species*) : produisent *inter se*, mais le produit est infécond. » espèces voisines (*proximate species*), « qui donnent les ec les autres des produits féconds. »

élève de Morton, après avoir donné ces définitions du ajoute une quatrième nature d'espèce, le groupe, qu'il ainsi : « Par ce terme, nous comprenons toutes races ces voisines qui se ressemblent le plus étroitement type, et dont la distribution géographique appartient nes provinces zoologiques, par exemple le groupe des ins aborigènes, des Mongols, des Malais, des nègres, de suite. »

raduit littéralement, et peu de mots suffiront pour vous montrer ce qu'a d'étrange cette manière de raisonner.

Remarquez d'abord comme toujours cette confusion absolue de l'espèce et de la race. Cependant, en Europe, depuis Linné jusqu'à de Candolle, depuis Buffon jusqu'à Cuvier et jusqu'à Geoffroy, on a désigné par ces mots des choses que tant de naturalistes éminents ont pensé qu'il était nécessaire de distinguer. Pour les Américains, ces noms illustres et les travaux qui leur ont assuré une si légitime autorité sont comme non avenus. Pour eux, en dépit de tout, il n'existe ni races ni variétés, mais seulement des espèces.

Cependant, quelque décidé qu'on soit à se renfermer dans un parti pris absolu, les faits restent les maîtres, et il devient impossible de les confondre tous sous une seule dénomination. Aussi les Américains ont-ils été amenés par la force des choses, et comme en dépit d'eux-mêmes, à distinguer plusieurs catégories d'espèces. A quel principe vont-ils donc s'adresser pour les caractériser ? Apportent-ils quelque chose de nouveau ? Non ; ils s'en tiennent justement à ces phénomènes de croisement dont le contraste dans différents cas avait amené depuis longtemps les observateurs européens à séparer l'espèce de la race. Certes, c'est bien avouer qu'on ne peut espérer trouver ailleurs un critérium aussi satisfaisant.

Vous pensez peut-être qu'une fois après avoir rejoint sur leur terrain et par leurs seuls efforts les naturalistes d'Europe, les savants de l'école américaine vont se ranger aux opinions des uns et combattre celles des autres. Nullement ! ils ne s'en inquiètent même pas. Ils distinguent des groupes entre lesquels le croisement est possible, d'autres entre lesquels il est impossible ; mais ils continuent à confondre la fécondité limitée et la fécondité régulière illimitée. Toutes les expériences de Kœlreuter, de Gærtner, de Knight, de Wiegmann et de leurs émules ; tous les travaux de Buffon, de Cuvier, de Geoffroy, de Flourens et de leurs élèves..., que leur importe ! Ne sont-ils pas sous le drapeau de l'émancipation intellectuelle et de la science indépendante ? Je l'avoue cependant, le privilége d'une indépendance ainsi comprise est à mes yeux bien peu scientifique. Que penser du savant qui laisse absolument de côté, sans même les discuter, les travaux accomplis pendant des siècles par des hommes tels que ceux dont j'ai cité les noms ? N'est-ce pas s'affranchir imprudemment de deux guides indispensables, l'expérience et l'observation ?

Mais l'école américaine a beau oublier la vieille Europe elle est bien forcée de rentrer dans ces voies tant dédaignées, et pour qu'il ne vous reste aucun doute sur ce point, je vous prie de me prêter toute votre attention.

Pour l'homme même le plus aveuglé, les faits parlaient décidément trop haut ; il a fallu faire une catégorie d'espèces avec tout ce que nous appelons des races. Or, quels exemples Nott nous donne-t-il lui-même pour justifier l'établissement de cette catégorie ainsi caractérisée ? Il l'inaugure en y faisant entrer des groupes humains ! Ainsi la confusion, le vague de ses conceptions, ne l'empêchent pas de conclure exactement comme nous. Seulement, grâce à ce vague, grâce à une confusion persistante de l'espèce et de la race, grâce également à la désignation sous un même nom de choses différentes, il pourra continuer la discussion. Eh bien, messieurs, que des Américains agissent ainsi, on le comprend jusqu'à un certain point. Ils vivent éloignés des centres du vieux savoir, ils aiment à faire tout dater d'eux, et ont voulu avoir leur école américaine pure de tout alliage européen. Mais, surtout, il

suffit de lire l'ouvrage dans lequel sont insérés les mémoires que j'ai souvent cités, les *Types of mankind*, pour reconnaître que, sous ces discussions en apparence scientifiques, couve la terrible question de l'esclavage qui s'agitait au moment où ces écrits furent composés, et qui, depuis, a été tranchée par la guerre.

Quoi qu'il en soit, ce qui se comprend bien moins aisément, c'est que des Européens et des savants français prennent comme leurs modèles les Américains, qui ne se soucient pas d'eux, et croient devoir oublier ce qu'on n'a pas voulu apprendre dans le nouveau monde. A quoi faut-il attribuer une pareille méthode ? Il ne m'appartient pas de trancher la question, je me borne à constater l'étrangeté du fait.

Cependant les polygénistes américains ont voulu invoquer des faits qui vinssent à l'appui de leurs doctrines générales, et ils ont cherché en conséquence quels groupes humains pouvaient être assimilés, par l'infécondité de leur croisement, aux espèces de la première catégorie. Nott croit avoir trouvé un exemple irréfutable, et cite tout au long, pour en établir la valeur, le passage suivant, qu'il emprunte à l'un de nos compatriotes, à M. Jacquinot. « Les quelques tribus qui se trouvaient aux environs de Port-Jackson vont chaque jour en décroissant, et c'est à peine si l'on cite quelques rares métis d'Australiens et d'Européens. Cette absence de métis entre deux peuples vivant en contact sur la même terre prouve bien évidemment la différence des espèces. On conçoit du reste que si ces métis existaient, ils seraient bien faciles à reconnaître et à différencier des espèces mères. » — « A Hobart-town et sur toute la Tasmanie, il n'y a pas davantage de métis. »

Naturellement, Nott tire de ce passage les inductions les plus favorables à sa doctrine. Examinons-en cependant de plus près la valeur.

Je passe rapidement sur le dernier fait avancé par M. Jacquinot. L'histoire des métis de Tasmanie est étrange et peut-être unique en son genre. Dans tous les cas, elle est douloureuse à rapporter et ne fait guère honneur à la race blanche. C'est en 1803 que les premiers colons anglais abordèrent la terre découverte par Tasman. Les arrivants étaient presque tous des convicts accompagnés de quelques soldats chargés de les surveiller. C'était donc l'écume de la population anglaise. Après les difficultés inévitables d'un premier établissement, la colonie prit une extension rapide. En 1830, l'île entière était occupée par les nouveaux arrivés, la population indigène ayant été presque complétement détruite. Cependant le peu qui en restait gênait encore les colons anglais. Ces quelques sauvages, en effet, vivaient de maraude sur les terres qui leur avaient appartenu ; on résolut de s'en débarrasser. On organisa dans ce but une grande traque comparée par Darwin, c'est-à-dire par un Anglais, aux chasses dont les rois de l'Inde se donnent parfois le spectacle. Tout se fit au reste avec une régularité parfaite. La population européenne fut conviée comme pour une fête. On prenait un volontaire par six habitants, et 700 000 francs furent dépensés. Différentes escouades partirent de points différents du rivage, et refoulèrent peu à peu les indigènes dans une presqu'île, où, devant la supériorité en nombre de leurs ennemis, ils durent se soumettre aux volontés des vainqueurs. On transporta les survivants dans l'île de Great-Island, puis à l'île Flinders, dans le détroit de Bass. A cette époque, en 1835, il restait 210 individus. En 1838, leur nombre n'était plus que de 82. En 1842, on n'en comptait que 44, et dans cette période, de 1835 à 1842, il ne s'était produit que 14 naissances. Le fait était d'autant plus frappant, que les premiers voyageurs, en abordant la Tasmanie, avaient été étonnés du grand nombre d'enfants qui faisaient partie de la population indigène. Enfin, en 1852, il ne restait plus de tous ces malheureux déportés que quelques vieillards, qui aujourd'hui ont certainement disparu à leur tour; et si nous n'avions pas au Muséum les bustes rapportés par l'expédition de Dumont d'Urville, il ne resterait plus rien de la race tasmanienne.

Il n'est certes pas étonnant qu'il y ait eu si peu de métis, c'est-à-dire si peu d'unions entre deux populations dont les courtes relations ont eu un dénoûment aussi cruel. Cependant M. de Blosseville nous apprend, dans un ouvrage sur les colonies pénitentiaires anglaises qui est resté classique, que les métis étaient plus nombreux en Tasmanie qu'à Sydney, et que les derniers habitants traqués par des colons étaient eux-mêmes, pour la plupart, des métis d'Anglais et d'indigènes.

Examinons maintenant ce qu'il y a de vrai dans l'impossibilité du croisement entre les Néo-Hollandais et les Européens, telle que l'affirme M. Jacquinot. A entendre son assertion si tranchante, on ne doute pas qu'il n'ait contrôlé avec soin et de ses propres yeux les faits qui l'ont sans doute conduit à la formuler. Il est évident qu'il a dû parcourir l'Australie en tous sens afin de s'éclairer lui-même sur un phénomène aussi grave, aussi exceptionnel que le serait l'absence de métis dans une population habituée à vivre au contact des Européens. Eh bien ! voici dans le même volume les propres paroles de M. Jacquinot au sujet de ses rapports avec les indigènes. « Nous n'avons visité les habitants de la Nouvelle-Hollande que sur un seul point, à la baie Raffles, par 9 degrés environ de latitude sud. Nous vîmes à la baie Raffles une vingtaine d'hommes environ. » Ainsi, après avoir vu sur un seul point de l'Australie vingt hommes au plus qui cachaient leurs femmes, M. Jacquinot déclare qu'il n'existe pas de métis d'Australiens et d'Européens. Il oublie un passage du commandant de l'*Uranie*, M. Freycinet, qu'il cite trois pages plus loin. Je vous le lis, car le rapprochement en vaut la peine : « Aucune alliance permanente ne s'est jamais formée entre les deux peuples (Anglais et Australiens), quoiqu'on rencontre çà et là quelques mulâtres. Ils sont dus à des relations passagères d'Européens avec les femmes australiennes. » Or, dans ce témoignage rapporté par M. Jacquinot lui-même, les mots « çà et là » confirment-ils au moins en partie ses dires ?

Pour se prononcer sur ce point, il faut s'être rendu compte de la nature des relations sociales de ces deux peuples. A prendre à la lettre les termes de M. Jacquinot, on dirait que les Européens et les Australiens forment deux nations juxtaposées, vivant côte à côte, sur le même sol, sur le pied, sinon de l'égalité, du moins de la bienveillance réciproque.

Mais vous savez bien que les choses ne se passent pas ainsi dans la Nouvelle-Hollande. Ce continent renfermait, sur les points abordés les premiers par les Européens, une population assez rare, divisée en petites tribus qui avaient besoin de grands espaces, parce qu'elles demandaient leur nourriture à la pêche et surtout à la chasse. Ces indigènes étaient d'ailleurs assez misérables et manquaient souvent de subsistances. Quant aux Européens, ce furent des convicts qui formèrent au début le fond de l'immigration ; puis vinrent des gens attirés par l'espoir de faire fortune au moyen de l'élève des bestiaux. Cette industrie demandait aussi la libre disposition

ces considérables. Il s'ensuivit contre les sauvages une à mort qui entra bientôt dans les mœurs de la popu- anglaise. En voici un épisode rapporté par Dupetit- rs, qui vous édifiera suffisamment sur le caractère de utte. Un fait vraiment trop criant venait d'émouvoir ulation de Sydney. Une famille entière d'Australiens risonnière avait été non pas massacrée, car un pareil ait trop ordinaire pour ne pas être assuré d'avance de nité, mais brûlée vive. Cependant cités devant le jury, ssins furent acquittés.

à comment les blancs et les noirs vivent « en contact » continent néo-hollandais. Il est aisé de comprendre tels rapports favorisent peu la production de métis et ent très-bien au contraire leur absence. Leur rareté 'ailleurs à une autre cause, à l'infanticide. Sur tout le , tout enfant dont la couleur indécise trahit une ori- ixte, est tué par le père. Avant l'arrivée des colons eu- s, l'infanticide était déjà dans les mœurs de ces popu- . Deux jumeaux venaient-ils à naître, l'un d'eux était yablement sacrifié, et lorsqu'une mère mourait pen- u'elle allaitait encore son enfant, celui-ci était enterré le. A plus forte raison, comprend-on que les pères se habitués à tuer sans remords tout enfant accusant une peu flatteuse pour leur honneur.

ont là des faits qui ont été niés à Paris et qu'on a de fables; il est malheureusement impossible de ne pas ter foi, après les témoignages de voyageurs tels que Cunningham, Mackensie, qui ont vécu dans le pays, et ccordent tous pour affirmer que dans les contrées les isines des colonies anglaises, tous les métis sont mis par les sauvages.

tim est certainement l'origine et l'excuse de ces infan- déjà entrés dans les mœurs avant l'arrivée des Euro- et dont l'habitude prise a facilité l'exécution systéma- le tous les métis. Tuer un enfant pour ces populations à une existence précaire et souvent affamées, c'était tout fermer une bouche difficile à nourrir. Sacrifier t dont la mère venait de mourir avant de l'avoir sevré, lui épargner les souffrances d'une mort plus lente et uelle. Mais il y a dans l'Australie même des contrées orisées où, la nourriture étant assurée à leurs familles, es peuvent écouter la voix du sang et au besoin celle de gence, sans compromettre l'avenir de la race. Aussi, tels lieux, sur les bords de la Murrumbidgee et de la , la population métisse est-elle nombreuse. Nous avons jet les témoignages de deux hommes dont les idées sur es humaines diffèrent d'ailleurs de la manière la plus . Tandis que Butler Earp ne voit guère dans les Aus- s que des singes dégénérés, Mackensie, missionnaire , a vécu pendant vingt ans au milieu d'eux dans l'es- les convertir. L'un et l'autre signalent le peu de chas- s rapports qui s'établissent entre les Européens et les nes; ils s'accordent surtout à déclarer que les métis mbreux dans les contrées où les conditions d'existence sez faciles pour que le fait de leur naissance, joint à e leur origine, ne motive pas suffisamment l'infan-

Butler Earp et Mackensie, qui ne prévoyaient guère, ils ont écrit, le débat dans lequel ils seraient un jour mme témoins, ont démenti par avance les assertions acquinot et de Nott. Voici encore un fait que Nott dé- clare avoir emprunté à MM. Hombron et Jacquinot; je dois dire que j'ai cherché le passage auquel fait appel l'auteur américain et que je n'ai pas réussi à le découvrir. Il s'agit de la prétendue infécondité du croisement entre Européens et Hottentots. Dans tous les cas, vous allez voir que l'exemple est assez malheureusement choisi. En effet, voici ce que dit Levaillant, qui ne se doutait pas non plus de l'importance de son témoignage dans une question qu'il ne prévoyait certainement pas : « Les Hottentotes obtiennent de leurs maris de trois à quatre enfants tout au plus. Avec les nègres, elles triplent ce nombre, et plus encore avec les blancs. »

Vous voyez que, loin de diminuer la fécondité, le croisement l'augmente. Or, c'est là une conséquence essentielle du métissage, tandis que le fait en lui-même est aux antipodes de ce qui a lieu dans les cas d'hybridation.

J'ajouterai à cet exemple une observation de même nature recueillie par le même voyageur que Nott a cité. Écoutez le langage de M. Hombron : « Pendant les quatre années que j'ai passées au Brésil, au Chili et au Pérou, je me suis amusé à observer le singulier mélange des nègres avec les aborigènes. J'ai même tenu note exacte du nombre des enfants qui résultaient, dans un grand nombre de ménages, de l'alliance d'un blanc avec une négresse, d'un blanc et d'une Américaine, d'un nègre et d'une Péruvienne ou d'une Chilienne, d'un Américain avec sa compatriote, et enfin d'une négresse avec un nègre. Je puis affirmer que les unions des blancs avec les Américaines m'ont présenté la moyenne la plus élevée venaient ensuite le nègre et la négresse; enfin le nègre et l'Américaine. L'infériorité des Américains entre eux, sous le rapport de la reproduction, dépend probablement de leur peu d'ardeur mutuelle. »

Cette dernière phrase contient une interprétation évidemment acceptable de la moindre fécondité que présentent les unions des Américains entre eux; pour ma part, cependant, je serais plus disposé à rapprocher ce fait de ce qui se passe dans les races animales trop déviées de leur type primitif : la fécondité s'y affaiblit. Quoi qu'il en soit, vous voyez qu'en fait, sur cinq sortes de croisements, le maximum de fécondité résulte précisément d'unions que les polygénistes américains classeraient parmi les hybridations de la première catégorie.

En outre, ce maximum a lieu pour le croisement du groupe le moins fécond par lui-même avec un groupe étranger.

Le seul fait d'une union de ce genre entraîne donc un accroissement énorme de fécondité du côté de l'un des parents.

Encore une fois nous retrouvons ici un fait incompatible avec l'hybridation; tandis que lorsqu'il se produit, il caractérise d'une manière absolue et constante le métissage.

Remarquez d'ailleurs que M. Hombron n'est point un monogéniste, mais bien un polygéniste déclaré. Médecin distingué, il n'est pas vraiment naturaliste et ne sépare pas non plus la race de l'espèce. Il ne se demande pas si l'hybridation et le métissage sont accompagnés de phénomènes d'ordre différent. C'est donc à son insu, pour ainsi dire, qu'il apporte un argument des plus décisifs contre ses opinions mêmes.

Je viens d'examiner tous les prétendus cas d'infécondité du premier croisement entre groupes humains. En présence de ces faits qu'on s'efforce vainement de dénaturer et qu'il m'a été facile de faire apparaître sous leur vrai jour, il faut bien renoncer à trouver dans le genre humain les espèces de première catégorie dont parle Morton. Mais les polygénistes américains, qui, quoi qu'ils fassent et disent, en reviennent

toujours par la force des choses aux procédés des savants européens, ont surtout insisté sur l'existence, parmi les hommes, de groupes formant des espèces de la deuxième catégorie. Il nous reste à voir que leurs assertions à cet égard sont tout aussi peu fondées.

ARM. ANGLIVIEL.

Nous avons reçu de M. Delvaille la lettre suivante :

Bayonne, 8 mars 1869.

Monsieur le Directeur,

Dans le compte rendu d'une leçon de M. de Quatrefages qu'insère la *Revue des cours scientifiques* du 27 février, je remarque le passage suivant :

« Isidore Geoffroy lui-même aurait, d'après M. Delvaille, conclu seulement à la probabilité d'une origine spécifique unique pour le genre humain, alors qu'il professait à la Sorbonne et au Muséum. Mais il avait fait bien des progrès depuis ce moment, et il se montre bien autrement affirmatif dans le programme qu'il a tracé du grand ouvrage que la mort l'a malheureusement empêché de terminer. A la suite de notions sur l'espèce et sur la race, on y trouve cet intitulé d'un chapitre : « Application à l'histoire des *races* humaines au point de vue de leur origine commune. » Il s'agit des hommes, et le terme de *races* est seul employé. C'est en deux mots faire une profession de foi. »

Il y a là un malentendu que je vous demande de faire cesser, dans l'intérêt de l'histoire de la science.

D'abord, ce n'est pas précisément moi qui ai attribué à mon vénéré maître Isidore Geoffroy Saint-Hilaire ses idées sur « la probabilité d'une origine spécifique unique pour le genre humain ». C'est M. Geoffroy lui-même qui, ayant reçu de moi communication d'un passage du cours de M. de Quatrefages, dans lequel ce professeur éminent croyait pouvoir affirmer la communauté d'origine des races humaines, me répondit :

« Je verrais avec la plus grande satisfaction que M. de Quatrefages allât plus loin que moi sur la question capitale de l'origine commune des races humaines. Tous les hommes sont-ils frères ? La religion et la tradition répondent oui. La science me paraissait condamnée, en se tenant dans le domaine qui lui est propre, et dont elle ne doit jamais sortir, à n'aller *jamais* au delà de ces deux réponses :

» 1° Tous les hommes *peuvent* être frères ; la possibilité est *démontrable* scientifiquement.

» 2° Les faits sont plus favorables à l'hypothèse de la fraternité qu'à l'hypothèse contraire, et par conséquent à la *possibilité* s'ajoute la probabilité.

» Si M. de Quatrefages substitue à la possibilité et à la probabilité la réalité démontrée, il aura assurément rendu un très-grand service à l'anthropologie, et non-seulement à cette science, mais encore à la philosophie et à la morale. En attendant, je me félicite de voir mon savant confrère marcher dans les mêmes voies que moi, et je fais des vœux pour qu'il s'y avance plus loin, *non-seulement que je n'ai été, mais que je n'entrevois* ». (*Études sur l'histoire naturelle*, par Camille Delvaille. 1 vol. in-12, 1861, Germer Baillière.)

En second lieu, vos lecteurs voudront bien remarquer que cette lettre significative est écrite en 1856, tandis que l'intitulé du chapitre auquel M. de Quatrefages a fait allusion dans son cours date de 1854. Or, le savant professeur du Muséum ne saurait affirmer qu'il puisse y avoir eu progrès entre les opinions émises par Isidore Geoffroy en 1856 et celles *qu'il a émises deux ans auparavant*.

Cette lettre doit être considérée comme l'expression dernière de la pensée d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire sur la question de l'origine de l'homme. Elle est la preuve de la mesure, de la réserve qu'il apportait dans les grandes discussions scientifiques ; de la prudence avec laquelle il donnait, sur les points en litige, son opinion personnelle.

C'est afin que ce côté du caractère de mon savant maître n'échappe pas au public intelligent de la *Revue*, que je sollicite l'insertion de ma réclamation dans ce recueil si précieux.

Veuillez agréer, etc.

Dr C. DELVAILLE.

Voici la réponse de M. de Quatrefages :

Monsieur le Directeur,

Je rends pleine justice au sentiment qui a dicté la lettre de M. Delvaille, et, en vous adressant quelques courtes observations à ce sujet, j'espère aider à mettre fin au malentendu qu'il regrette.

En présence de la lettre qu'il cite et que je ne connaissais pas, je suis de plus en plus convaincu que M. Delvaille avait rendu très-exactement la pensée de M. Isidore Geoffroy dans sa rédaction des leçons faites à la Sorbonne (*Revue des cours publics*, 1855 et 1856), leçons que j'avais seules consultées.

D'autre part, qu'on relise la discussion si remarquable sur la distinction à faire entre la race et l'espèce ; qu'on rapproche des conclusions de cette étude la phrase du programme que j'ai citée, et certainement on reconnaîtra que j'ai dû regarder mon illustre et regretté confrère comme ayant été — au moment où il écrivait ce programme — bien près d'être aussi affirmatif que moi-même.

Je me crois d'autant plus autorisé à penser ainsi, que, dans une conversation où nous avions examiné ensemble quelques-unes des questions les plus délicates que soulève le problème général, j'avais eu le plaisir de me trouver entièrement d'accord avec M. Geoffroy. Cette conversation avait lieu un an environ avant sa mort. J'ai pu croire que de 1856 à la fin de 1860 ou au commencement de 1861, l'unité spécifique des races humaines était devenue au moins de plus en plus probable à celui qui fut le maître et l'ami de M. Delvaille. Des faits nouveaux s'étaient produits, des questions douteuses s'étaient éclaircies dans l'intervalle. Is. Geoffroy pouvait-il ne pas en tenir compte ?

Je me borne à citer un exemple. M. Geoffroy avait, avec bien d'autres, accepté comme exact tout ce qui avait été dit des *léporides* de M. Roux. Il avait cité dans son livre (tome III) le croisement du lièvre et du lapin comme donnant naissance à une race permanente. Plus tard, éclairé par l'expérience, il fut le premier à annoncer publiquement que ces hybrides retournaient rapidement au type lapin (*Bulletin de la Société d'acclimatation*, séance du 14 décembre 1860). Ce retour enlevait aux polygénistes un argument dont on a largement usé. Is. Geoffroy pouvait-il ne pas en comprendre toute la portée ?

Certainement, à en juger par la lettre adressée à M. Delvaille, j'aurais exagéré les convictions monogénistes d'Is. Geoffroy. Mais cette lettre est de 1856 ; la conclusion relative à l'espèce et à la race est de 1860, au plus tôt. Mes souvenirs personnels sont à peu près de cette époque, et concordent avec les derniers écrits de l'homme éminent qui n'a pu nous dire son dernier mot. Je ne crois donc pas me tromper dans mes appréciations de sa pensée.

Recevez, etc.

A. DE QUATREFAGES.

Faculté de médecine de Paris (cours d'été)

HISTOIRE NATURELLE MÉDICALE (les lundis, mercredis et vendredis, à onze heures). — M. BAILLON, botanique médicale.

PHYSIOLOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à midi). — M. LONGET (de l'Institut), fonctions du système nerveux.

THÉRAPEUTIQUE ET MATIÈRE MÉDICALE (les lundis, mercredis et vendredis, à deux heures). — M. GUBLER, aperçu historique et généralités sur les voies d'introduction, les modifications.

PATHOLOGIE CHIRURGICALE (les lundis, mercredis et vendredis, à trois heures). — M. DOLBEAU, maladies générales. — Maladies des tissus et des systèmes. — Fractures et luxations.

MÉDECINE LÉGALE (les lundis, mercredis et vendredis, à quatre heures, petit amphithéâtre). — M. TARDIEU, des différents genres de mort violente et les questions médico-légales qui s'y rapportent.

PHARMACOLOGIE (les mardis, jeudis et samedis, à dix heures et demie). — M. REGNAULD, exposé général de la pharmacologie. — Étude spéciale des principaux types des médicaments simples et composés.

ACCOUCHEMENTS, MALADIES DES FEMMES ET DES ENFANTS (les mardis, jeudis et samedis, à midi). — M. PAJOT, des accouchements dangereux.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE (les mardis, jeudis et samedis, à deux heures). — M. VULPIAN, des altérations du sang. — De l'appareil circulatoire et du système nerveux.

PATHOLOGIE MÉDICALE (les mardis, jeudis et samedis, à trois heures). — M. HARDY, maladies des appareils circulatoires et respiratoires.

HYGIÈNE (les mardis, jeudis et samedis, à quatre heures). — M. BOUCHARDAT, chaleur, lumière, sol, atmosphère. — Excrétions. — Maladies contagieuses. — Hygiène générale.

CLINIQUE MÉDICALE (tous les jours, de huit heures à dix heures du matin). — MM. BOUILLAUD (de l'Institut), suppléé par M. PAUL, agrégé, et G. SÉE, à la Charité ; MM. BÉHIER et N..., suppléé par M. PETER, agrégé, à l'Hôtel-Dieu.

CLINIQUE CHIRURGICALE (tous les jours, de huit heures à dix heures du matin). — M. LAUGIER (de l'Institut), à la Pitié ; M. GOSSELIN, à l'Hôtel-Dieu ; M. BROCA, à la Charité ; M. RICHET, à la Pitié.

CLINIQUE D'ACCOUCHEMENTS (tous les jours, de huit heures à dix heures du matin). — M. DEPAUL, à l'hôpital des Cliniques de la Faculté.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
)URS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ÈME ANNÉE NUMÉRO 16 20 MARS 1869

Paris, 19 mars 1869.

plusieurs mois déjà, M. d'Archiac, membre de l'Aca-
es sciences et professeur de paléontologie au Mu-
histoire naturelle de Paris, a disparu de son domicile
nt des mesures qui indiquaient l'intention de mettre
vie par le suicide. Certains indices ont fait supposer
d'Archiac avait quitté Paris par le chemin de fer de
mais il a été impossible de savoir ce qu'il était
et on l'ignore encore en ce moment. La fatale réso-
le M. d'Archiac paraît avoir été prise d'une façon
cinq ou six jours auparavant, j'avais eu une longue
ation avec lui, et, loin de laisser percer la moindre
ude, il m'exposait avec beaucoup de détails divers
qu'il se proposait d'entreprendre cinq ou six semaines
d.

ecteurs comprendront sans peine le sentiment de ré-
t de haute convenance qui nous a empêché de men-
r ce triste événement jusqu'à ce que nous y soyons con-
par des faits officiels. Au moment de partir, M. d'Ar-
vait envoyé sa démission de professeur au Muséum
embre de l'Institut. Le ministre de l'instruction pu-
ésire pourvoir immédiatement à la chaire de paléon-
du Muséum, et il vient de demander les présentations
entaires à l'assemblée des professeurs du Muséum et
démie des sciences. Selon toute vraisemblance, c'est
et père qui sera présenté partout en première ligne et
sans difficulté. M. Lartet est fort connu dans le monde
par un grand nombre de travaux sur diverses parties
aléontologie, en particulier sur l'époque quaternaire
uestion de l'homme fossile.

. Gaudry resterait donc à la Faculté des sciences, et il
t d'autant plus désirable que sa chaire, encore provi-
oit définitivement consacrée le plus tôt possible, pour
r une place dans notre enseignement officiel aux idées
les sur la transmutation des espèces, qui n'y comptent
ci que des adversaires très-résolus, tandis qu'en An-
e, en Allemagne et en Amérique, elles sont acceptées
ar la plupart des naturalistes.

ous avons fait remarquer, il y a quelque temps (16 janvier
. 97), que, pendant l'année qui vient de finir, la Société
de Londres n'avait élu que des savants d'Allemagne
remplacer les membres français que lui enlevait la
L'Académie royale de Belgique n'a pas agi de même.
sse des sciences a perdu, en 1868, trois membres étran-
David Brewster, Matteucci, de Martius; il y avait en
deux places libres depuis 1867, celles de James South
et de Flourens. Le fauteuil de M. de Martius reste vacant; en remplacement des quatre autres membres décédés (deux Anglais, un Français et un Italien), la classe des sciences a élu : un Français, M. Regnault, professeur au Collége de France et à l'École polytechnique; un Italien, M. Paolo Savi, directeur du musée d'histoire naturelle de l'université de Pise; deux Allemands, MM. Kirchhoff, professeur à l'université de Heidelberg, et le général Baeyer, chef de la division topographique au ministère de la guerre, à Berlin. On voit que la Belgique n'étend pas jusqu'aux savants français l'antipathie sans réserve que lui inspirent nos wagons; mais il faut remarquer aussi que l'Allemagne et surtout l'armée prussienne paraissent aujourd'hui beaucoup plus en faveur : c'est la science anglaise qui paye les frais de ces sympathies prussiennes, puisque l'Académie remplace deux Anglais par deux Allemands.

Sur 44 associés étrangers, la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique comprend : 10 Français, 12 Anglais, 9 Allemands, 3 Américains, 2 Hollandais, 2 Russes, 2 Suisses, 2 Italiens, 1 Portugais et 1 Norvégien. Les deux Russes sont deux Allemands fixés à Saint-Pétersbourg. Parmi les trois membres américains figurent M. Agassiz, que l'Académie des sciences de Paris n'a pas encore fait son associé (il n'est que correspondant), et le capitaine Maury, qu'elle s'obstine à ignorer complétement. Il serait pourtant naturel qu'un homme dont les travaux sur la géographie des mers et les courants marins ont rendu tant de services à la navigation, comptât plus d'admirateurs dans un pays comme la France, qui a de grands intérêts maritimes, qu'en Belgique, où la flotte de l'État ne comprend qu'une seule frégate, peu occupée. Voici la liste des dix membres français : MM. Dumas, M. Chasles, Vène, Regnault, Moreau de Jonnès, Decaisne, Élie de Beaumont, H. Milne Edwards, P. Gervais, A. Brongniart.

— L'Académie de médecine de Paris a procédé, mardi dernier, à l'élection d'un associé libre en remplacement de M. Lafont-Ladébat. La commission chargée de dresser la liste des candidats présentait : en première ligne, M. Coste, professeur d'embryogénie comparée au Collége de France; en seconde ligne, *ex æquo*, M. Brochin, rédacteur en chef de la *Gazette médicale*, et M. J. Michon, le fils du célèbre chirurgien mort il y a quelques années. Au premier tour de scrutin, M. Coste a été nommé par 57 voix contre 7 données à M. Brochin et 3 à M. Michon.

— Le concours d'agrégation de la Faculté de médecine de Paris pour la section de pathologie interne vient de se terminer lundi dernier par les nominations suivantes : 1, Bouchard; — 2, Ollivier; — 3, Chalvet; — 4, Lecorché; — 5, Brouardel; — 6, Cornil. — Les rangs d'admissibilité des six

candidats nommés étaient les suivants : 1, Cornil ; — 2, Bouchard ; — 6, Lecorché ; — 7, Brouardel ; — 9, Ollivier ; — 10, Chalvet. Après les épreuves d'admissibilité, les troisième, quatrième et cinquième places étaient occupées par : 3, Damaschino ; — 4, Lancereaux ; — 5, Hayem, — qui n'ont pas été nommés.

— M. Boussingault a présenté à l'Académie des sciences de Paris la suite de ses recherches sur les fonctions des feuilles, qu'il poursuit depuis plusieurs années. Dans la vie végétale, c'est l'exhalation de l'oxygène dans l'atmosphère ambiante qui indique la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, c'est-à-dire l'assimilation du carbone par la plante. Pour mettre en évidence l'exhalation de l'oxygène, M. Boussingault emploie des bâtons de phosphore qui, sous l'influence de l'oxygène, deviennent lumineux dans l'obscurité ou répandent des vapeurs blanches si l'on est à la lumière. L'introduction du phosphore dans l'atmosphère confinée où l'on place les plantes provoque un dégagement d'acide hypophosphorique ; mais M. Boussingault s'est assuré que ces vapeurs n'exercent aucune influence nuisible sur les feuilles rigides, au moins entre 15 et 30 degrés, température des expériences.

Voici les principaux résultats obtenus par M. Boussingault : Dans une obscurité absolue les feuilles ne décomposent pas du tout l'acide carbonique, et, à une lumière diffuse très-affaiblie, il arrive un moment où cette décomposition ne se produit plus : c'est ce qui a lieu au crépuscule. L'abaissement de la température à 1 degré ou un demi-degré au-dessus de zéro n'empêche pas cette décomposition. Lorsqu'une feuille exposée au soleil est transportée dans l'obscurité, elle cesse immédiatement d'assimiler du carbone. Enfin une feuille venue dans l'obscurité commence à décomposer l'acide carbonique à la lumière, aussitôt après la création de la chlorophylle, bien que cette décomposition ne soit perceptible que si la feuille possède une nuance verte assez prononcée.

— Au moment de mettre sous presse, nous recevons, dans l'après-midi, comme tout le monde, le *Journal officiel* d'aujourd'hui matin qui contient le décret suivant :

Le Ministre de l'instruction publique :

Vu l'article publié par M. Georges Pouchet, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle, dans l'*Avenir national* du 18 mars, et contenant les passages suivants : « Le Muséum abdique quand depuis vingt ans l'assemblée des professeurs qui l'administrent... sacrifie l'intérêt supérieur de la science à ses rancunes, à ses luttes d'influence, à ses rivalités de coteries... ; quand cette assemblée ferme l'oreille aux plaintes de ses subordonnés, refuse justice au dehors, et au dedans accueille de calomnieuses imputations, sans même appeler à sa barre les victimes de persécutions à huis-clos... » Et plus loin : « Les professeurs... pouvaient lutter... mais c'était à la condition d'être unis au prix de quelques sacrifices de faveurs, de dignités, de bouts de ruban. Ils n'ont pas eu cet excès de stoïcisme, et nous ne saurions les plaindre de recueillir le fruit de leur complaisance.... » ;

Considérant que le langage injurieux tenu par M. Georges Pouchet à l'égard des professeurs du Muséum d'histoire naturelle rend impossible son maintien dans cet établissement ;

Avons arrêté et arrêtons ce qui suit :

Article unique : M. Georges Pouchet, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle, est révoqué de ses fonctions.

Fait à Paris, le 18 mars 1869. V. DURUY.

Nous reviendrons sur cet incident. Espérons que les professeurs du Muséum se hâteront de déclarer qu'ils n'y ont pris aucune part.

E. A.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAG

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. J. TYNDALL

de la Société royale de Londres

Les rayons chimiques et la lumière du ci

Les premières recherches physiques de quelque imp
auxquelles je pris part, en collaboration avec mon ami
fesseur Knoblauch, portaient ce titre : « *Propriétés m*
optiques des cristaux, et rapports entre le magnétisme et
magnétisme et l'arrangement moléculaire (1). » Ces étu
poussèrent à réfléchir sur la structure des cristaux, sur
ports de leurs propriétés optiques avec cette structure, e
manière toute particulière, sur les phénomènes remar
dont beaucoup d'entre eux deviennent le théâtre, lo
sont placés dans le champ d'action d'un aimant suffisa
puissant. Ces phénomènes étaient dus évidemment à
nière dont la force de cristallisation associe les molécu
c'était naturel, c'était un besoin pour mon esprit d'en
toute ma puissance d'imagination à chercher une repr
tion idéale de cette architecture moléculaire. Ces p
travaux imprimèrent à ma pensée scientifique une di
une nuance particulière en quelque sorte, en m'inspir
prédilection marquée pour les théories et les recherches
sique moléculaire. Cette influence s'est fait sentir dan
coup de mes œuvres scientifiques. Par exemple, la pr
leçon que je fis dans cette salle avait pour sujet *l'in*
de l'agrégation matérielle sur les manifestations de la
et, par *agrégation matérielle*, j'entendais la manière
nature ou l'art arrangent, en les réunissant, les particul
matière. En 1853, je publiai un mémoire sur *les in*
moléculaires, dans lequel la chaleur devenait un inst
d'exploration de la structure organique. Dans la *B*
lecture exposée devant la Société royale en 1855, encore
idées et même phraséologie. La *Bakerian lecture* d
avait pour titre : « *Contributions à la physique molécu*
Enfin, au milieu de toutes les études qui m'ont occup
dant ces dix dernières années, mon désir, mon but con
été de faire de la chaleur rayonnante un instrument d
tigation pour les particules ultimes de la matière.

Ce nouveau travail est encore dans la même voie. P
recherches dont l'exposé va suivre, j'ai employé des tu
verre et de laiton (que j'appellerai, pour les distinguer,
expériences) dans lesquels je faisais agir la chaleur rayo
sur des gaz et des vapeurs. Il y a deux ou trois mois, d
rendre visible ce qui se passait dans l'intérieur de ces
au moment où les gaz et vapeurs y pénétraient, je m'a
qu'il était nécessaire de les éclairer fortement. Je choisi
source de lumière une lampe électrique, dont les rayon
dus convergents par une lentille, traversaient le tube s
son axe. Ce procédé d'illumination mettait en évi
d'une manière frappante, la saleté au sein de laquell
sommes habitués à vivre. En effet, quelque soin que no
sions mis à laver notre tube avec de l'eau, de l'alco
acide, un alcali, jusqu'à ce qu'à la lumière ordinaire
sentât l'apparence d'une netteté parfaite, un rayon élec
suffisait presque toujours pour montrer combien cette

(1) *Philosophical Magazine*, juillet 1850.

était trompeuse. De fait, au milieu d'un air aussi sale elui qui remplit nos poumons, — et je ne voudrais pas er que nous pourrions nous passer de cette *saleté* (1),— ne pouvons jamais être qu'à peu près propres.

mplissais de vapeurs diverses un tube à expériences, de de 92 centimètres de longueur sur 76 millimètres de dia- En général, ces vapeurs étaient absolument transpa- et le tube paraissait aussi parfaitement vide après qu'a- ur introduction. Dans deux ou trois cas cependant, je vis ître à l'intérieur une sorte de nuage. Ce fait me causa ment d'inquiétude; car j'ignorais jusqu'à quel point, description de mes précédentes expériences, j'avais pu er à des vapeurs pures, transparentes, des phénomènes réalité aux nuages que j'observais maintenant. Déplai- ourte durée, toutefois, pour le chercheur, puisqu'il le à un examen plus approfondi, à une précision plus use, souvent, comme conséquence, à une découverte ue. Je pus bientôt m'assurer que le nuage révélé par n lumineux était *produit* par ce rayon lumineux lui- et cette observation m'ouvrit une voie nouvelle dans gion inaccessible aux sens, qui absorbe une si grande le la vie intellectuelle du physicien investigateur.

ont ces vapeurs dont nous avons parlé ? Elles sont con- par des assemblages de *molécules*, c'est-à-dire de pe- sses de matière, et chaque molécule elle-même est ée de parties plus petites appelées *atomes*. Une molé- vapeur d'eau, par exemple, consiste en deux atomes gène, plus un atome d'oxygène. Une molécule d'am- ue consiste en trois atomes d'hydrogène, plus un atome de même pour les autres substances. Ainsi les molé- ont la petitesse dépasse déjà les limites de notre ima- n, sont cependant formées de parties distinctes encore nues. En conséquence, lorsque nous parlons d'une composée, l'image idéale qui lui répond dans notre es- être la suivante : une réunion de molécules séparées, e très-rapprochées, composées chacune d'un groupe s encore plus proches les uns des autres. Dans notre de concevoir une vapeur, voilà pour ce qui concerne *re* (2). Reste à ajouter à cette notion celle de *mou-* Les molécules possèdent des mouvements propres, *de* leurs atomes constituants jouissent aussi de mouve- ropres, qui s'exécutent indépendamment de ceux des es, exactement comme les mouvements variés dont la errestre est le siége, s'exécutent indépendamment de tion orbitaire de notre planète.

olécules de vapeur sont maintenues à distance les autres par des forces qui, virtuellement ou réelle- nt des forces de répulsion. Entre ces forces élasti- la pression atmosphérique, sous laquelle existe la va- quilibre s'établit, aussitôt qu'est atteinte une distance iée entre les molécules. Si, par un moyen quelconque, e les molécules à se rapprocher, elles réagissent, et t de nouveau dès que cette force cesse d'agir. Si, par un procédé analogue, on les avait obligées à s'écarter davantage, elles se rapprochent et reviennent à leur première position, aussitôt que la force perturbatrice disparaît. Passons maintenant aux atomes constituants; pour eux, c'est tout différent.

Permettez-moi de remarquer ici que nous touchons aux limites extrêmes de la physique moléculaire; je voudrais familiariser vos esprits avec des théories qui n'ont pas, jusqu'à ce jour, obtenu un crédit universel, même parmi les chimistes, puisque certains d'entre eux les regardent encore comme insoutenables. Soutenables ou non, il est d'importance majeure de les discuter. Reportons donc notre regard sur nos atomes, groupés pour former une molécule. Chaque atome est maintenu isolé de ses voisins par une force de répulsion. Comment, dès lors, tous ces membres d'un même groupe, se repoussant mutuellement, n'en arrivent-ils pas à briser leur union ? Les molécules se séparent les unes des autres, lorsque la pression extérieure diminue ou disparaît; les atomes, point du tout. Voici la raison de cette stabilité : il y a sans cesse en activité, entre deux atomes quelconques, *deux* forces, l'une attractive, l'autre répulsive ; et la position de chaque atome, sa distance de ses voisins, est déterminée par la composition de ces deux forces. Si les atomes se rapprochent trop, la répulsion prédomine et les sépare ; s'ils s'écartent, l'attraction l'emporte et les ramène. Le point pour lequel l'attraction et la répulsion s'équivalent est la *position d'équilibre* de l'atome. A moins qu'un corps ne soit absolument froid, — et il n'existe pas de corps absolument froid dans le coin de la nature qui nous appartient, — les atomes sont continuellement dans un état de vibration, et *oscillent de part et d'autre de leur position d'équilibre.*

Dans une vapeur ainsi constituée, nous allons maintenant faire passer un faisceau lumineux. Mais qu'est-ce, tout d'abord, qu'un rayon lumineux ? C'est une suite d'ondes innombrables, excitées et propagées au sein d'un milieu d'une ténuité presque infinie et parfaitement élastique, qui remplit tout l'espace, et que nous appelons *éther*. Ces ondes de lumière n'ont pas toutes les mêmes dimensions ; certaines d'entre elles sont bien plus grandes, plus longues que les autres. D'autre part, ces ondes, longues ou courtes, se transportent avec la même vitesse à travers l'espace, exactement comme les ondes sonores, longues ou courtes, le font dans l'air. Il en résulte nécessairement que les ondes courtes doivent se suivre, se succéder plus rapidement que les longues. Ces vitesses différentes, avec lesquelles les ondes lumineuses viennent frapper notre rétine ou notre nerf optique, sont l'origine, dans notre sensation, des différences de *couleurs*. Mais il existe, en outre, un nombre immense d'ondes, émises par le soleil et les autres corps lumineux, qui sont impuissantes à exciter la sensation de lumière, quand elles frappent la rétine. Si la longueur des ondes dépasse une certaine limite, si leur brièveté tombe au-dessous d'une autre limite déterminée, elles deviennent incapables de produire la vision. Il faut tout particulièrement se mettre dans l'esprit, que le pouvoir de produire la *lumière* dépend moins de l'*intensité* des ondes que de leurs *périodes*. J'ai souvent laissé pénétrer dans mon œil des ondes d'une puissance à désorganiser instantanément et complétement le nerf optique, si elles avaient été distribuées différemment, mais qui ne donnaient naissance à aucune sensation, parce que leurs périodes vibratoires n'étaient pas celles exigées pour cela par la rétine.

Nous possédons maintenant tous les éléments dont nous

---

le *saleté* consiste en grande partie en matières organiques, dont ns l'économie animale est jusqu'à présent totalement in-

ton semblait croire que les molécules seraient rendues visi- e microscope, mais qu'il en serait tout autrement des atomes. impossible, dit-il, d'arriver à voir les œuvres les plus secrètes s merveilleuses de la nature, dans l'intérieur des corpuscules, c leur transparence. » (Herschel, *De la lumière*, art. 1145.)

avions besoin pour les théories que nous allons exposer. Et remarquez que, bien que nous parlions de choses absolument inaccessibles à l'observation de nos sens, nos conceptions sont aussi véritablement *mécaniques* que s'il s'agissait de masses ordinaires de matière ou d'ondes de dimensions appréciables. Je ne pense pas qu'un seul esprit réellement scientifique puisse établir aujourd'hui une distinction essentielle entre les phénomènes chimiques et mécaniques. Ils ne diffèrent que par la grandeur des masses considérées; mais, dans ce sens, les phénomènes astronomiques diffèrent aussi des phénomènes mécaniques ordinaires. La tendance de la philosophie naturelle sera probablement de plus en plus, dans les temps à venir, de mettre en ordre, en le soumettant aux lois mécaniques, le chaos actuel des phénomènes de la chimie.

Que nous ayons tort ou raison, que nos conceptions soient imaginaires ou répondent à des réalités, il est de la plus haute importance, en science, de viser à une clarté parfaite dans la description de tout ce qui peut naître dans notre intelligence : si vous êtes dans le vrai, cette netteté devient un argument de plus en votre faveur; si vous vous trompez, elle vous force bien vite à revenir de votre erreur. Dans cet esprit, et bien déterminés à parler nettement, revenons à nos conceptions d'ondes éthérées et de molécules. Supposons qu'une onde ou une suite d'ondes viennent frapper une molécule, de manière à imprimer à toutes ses parties une même impulsion dans un sens déterminé. Cette molécule va se mouvoir en *totalité*, comme un tout, et les atomes qui la constituent, animés d'un *mouvement commun*, n'auront aucune tendance à s'isoler les uns des autres. Il faudrait que les atomes eux-mêmes fussent animés de *mouvements différents* pour qu'ils pussent se séparer, et, tant que le choc des ondes ne produira pas de pareils mouvements, il n'existera aucune cause mécanique qui puisse amener la décomposition de la molécule.

Mais il est difficile de se figurer le choc d'une onde ou d'une suite d'ondes, distribué sur plusieurs atomes de manière à ne produire aucun dérangement dans leurs positions réciproques. Les atomes ont des poids divers, probablement aussi des grandeurs différentes; quoi qu'il en soit, il est à peu près certain que le rapport de la masse de l'atome à la surface qu'il oppose à l'action de l'onde varie de l'un à l'autre. S'il en est ainsi (et, à mon avis, il y a d'immenses probabilités en faveur de cette hypothèse), toute onde qui passera sur une molécule tendra à la décomposer; elle tendra à entraîner loin de leurs compagnons plus lourds, plus inertes, ceux des atomes qui présentent la plus large surface de résistance, eu égard à leur masse. Supposons un homme debout sur le pont d'un bateau; tant que l'homme et le bateau recevront également l'impulsion du vent ou des vagues, ils n'auront aucune tendance à se séparer. On pourrait dire, en employant le langage chimique, qu'ils sont alors en état de *combinaison*. Mais qu'une vague vienne à balayer le pont, l'homme, cédant à l'impulsion plus vite que le bateau, sera entraîné, et nous voilà en présence de la *décomposition*.

Ainsi, la conception de la décomposition des molécules complexes par les ondes éthérées nous arrive recommandée tout d'abord par la probabilité *à priori*. Mais un examen plus approfondi de la question nous amène, sinon à modifier matériellement cette conception, du moins à y ajouter quelque chose. C'est un fait extrêmement remarquable, que les ondes les plus efficaces pour produire ces décompositions de molécules soient précisément celles dont la puissance mé est la moindre. Les vagues, pour employer une raison grossière, ne peuvent produire certains eff donnent facilement les petites rides. Ainsi, ce s rayons violets et ultra-violets du spectre solaire qui plus favorables à la production de ces phénomènes chi or, si on les compare aux rayons rouges et ultra-rou force de ces *rayons chimiques* est infiniment petite; drait probablement dans certains cas la multiplier millions pour la rendre égale à celle des rayons rouges; et cependant ces derniers sont sans puissanc les ondes les plus petites manifestent des actions éne Nous observons ici une ressemblance remarquable manière d'être des molécules chimiques et celle d rétine. La force transmise à notre œil par la flamm bougie, à plus de 1600 mètres de distance, est plus q sante pour faire naître une sensation, tandis que d de périodicité différente, et possédant des milliers de de fois cette force, ont pu venir frapper ma rétine produire aucune espèce d'effet sensible, mécanique, logique, chimique ou calorifique.

D'où vient donc ce pouvoir que possèdent les ondes petites, de briser les liens de l'union chimique? S'il le résultat de leur énergie, il doit être, comme la s visuelle, le résultat de leur périodicité vibratoire. Mais c peut-on se représenter une pareille action? Voici mon tion. Le choc d'une seule onde ne produit qu'un effet inf petit sur un atome ou une molécule. Pour obtenir plus, vement doit *s'accumuler*, et pour que des impulsions puissent s'accumuler, elles doivent arriver à des *int* réglés sur les périodes de vibration des atomes qu'el frapper. Dans ces conditions, chaque onde successiv l'atome dans une position qui lui permet d'ajouter s à la somme des chocs précédents. Mécaniquement, l'e le même que celui que produisent sur une escarpol impulsions rhythmées de l'enfant qui tient la co premier battement d'une horloge n'a aucun effet ciable sur le pendule de même longueur et immobil autre horloge placée à une certaine distance; mais u cession de battements, dont chacun ajoutera, au n convenable, son impulsion à la somme des impulsions dentes, finiront par mettre la seconde horloge en mouv De même, un souffle d'air ne produit aucun mouveme sible dans un lourd diapason; mais une série de so succédant à intervalles égaux à la période de vibration pason le feront résonner. Voilà, je crois, comment considérer l'action chimique de la lumière. L'expé aussi bien que le raisonnement, indique que c'est mulation du mouvement dans les atomes, en conséque leur synchronisme avec les ondes les plus courtes, q par les forcer à se séparer les uns des autres. C'est là, sens, la cause mécanique des décompositions qu'acc sent les ondes de l'éther.

Revenons maintenant à ces légers nuages, mentionn haut, et desquels, comme d'un germe, sont sorties to réflexions et considérations ci-dessus. On sait depu longtemps que la lumière décompose certains corps. dures d'éthyle et de méthyle, par exemple, parfait transparents et incolores, deviennent bruns et opaq l'exposition aux rayons lumineux, à cause de la précip de leur iode. L'art tout entier de la photographie est fon

les actions chimiques de la lumière, et chacun sait, par conséquent, que les considérations théoriques qui précèdent ont pour objet, non pas des hypothèses probables, mais des faits d'une complète réalité.

La méthode que nous employions lorsque nous avons observé ces nuages, et qui consiste simplement à présenter des *vapeurs* de substances volatiles à l'action de la lumière, nous permet, non-seulement de donner à nos expériences une visibilité saisissante, mais encore d'étendre considérablement les opérations de la lumière, ou plutôt de la force rayonnante, comme agent chimique. Elle nous permet encore de faire voir dans nos laboratoires des actions qui jusqu'à ce jour ne s'étaient accomplies que dans le grand laboratoire de la nature. Je vais vous montrer quelques-unes de ces actions, d'un caractère démonstratif; et, en le faisant, je tirerai parti de ce fait que, dans bien des cas, une ou plusieurs des substances en lesquelles la lumière décompose les molécules complexes sont comparativement peu volatiles. Ces produits de décomposition exigent, pour conserver l'état gazeux, une quantité de chaleur plus grande que celle qui est exigée par les vapeurs dont ils proviennent; en conséquence, si l'espace dans lequel ces nouveaux corps prennent naissance est à une température convenable, ils ne restent pas à l'état de vapeur, mais se précipitent en particules liquides, formant ainsi des espèces de nuages, sur le trajet du rayon auquel ils doivent leur existence.



Fig. 18.

Commençons maintenant nos expériences explicatives. Je tiens dans la main un petit flacon F fermé par un bouchon percé de deux *trous* (fig. 18). A travers l'un des trous passe un petit tube de verre *a*, qui se termine immédiatement au-dessous du bouchon; à travers l'autre trou, passe un tube semblable *b*, descendant jusqu'au fond du flacon, qui est rempli, jusqu'à une hauteur d'environ 25 millimètres, d'un liquide transparent. Ce liquide est du *nitrite d'amyle,* dans lequel chaque molécule contient 5 atomes de carbone, 11 d'hydrogène, 1 d'azote et 2 d'oxygène. Dans un pareil groupe, les ondes de lumière électrique vont immédiatement opérer une séparation. Ce grand tube horizontal que vous voyez devant vous est celui que j'ai appelé *tube à expériences;* il est mis en communication avec notre flacon, avec interposition d'un robinet que l'on peut ouvrir ou fermer à volonté. L'autre tube, qui passe à travers le bouchon et descend jusqu'à la partie inférieure du liquide, est réuni à un tube en U, rempli de verre pilé humecté avec de l'acide sulfurique. Après ce tube en U, vous voyez un autre tube étroit, bourré d'ouate. Devant l'une des extrémités du tube à expériences, est installée notre lampe électrique, et ici enfin se trouve une machine pneumatique au moyen de laquelle on a fait le vide dans le tube. Nous voici prêts à faire l'expérience.

J'ouvre le robinet avec précaution. Aussitôt l'air de la salle passe d'abord à travers l'ouate, qui arrête les particules organiques sans nombre et les particules inorganiques de poussière qui flottent dans l'atmosphère. Ainsi purifié, l'air traverse le tube en U, où il se dessèche sur l'acide sulfurique. Il descend ensuite par le petit tube jusqu'au fond du flacon, s'échappe en bulles au travers du liquide, se charge d'une certaine quantité de vapeur de nitrite d'amyle, et enfin air et vapeur pénètrent ensemble dans le tube à expériences.

L'examen le plus attentif ne ferait rien découvrir dans l'intérieur de ce tube; il semble absolument vide. Laissons maintenant pénétrer le faisceau de lumière électrique. La lentille de la lampe est disposée de façon à rendre les rayons légèrement convergents, et à former leur foyer dans la vapeur, vers le milieu du tube. Vous remarquerez que le tube restera obscur, un moment après que le faisceau lumineux aura été dirigé sur lui; mais l'action chimique sera si rapide, que toute votre attention sera nécessaire pour observer cet instant d'obscurité. J'allume la lampe, le tube semble d'abord vide; mais tout à coup le faisceau traverse un nuage blanc lumineux, qui a chassé l'obscurité. En effet, ce faisceau a séparé les molécules du nitrite d'amyle, et a produit devant lui une masse de particules liquides révélatrices, qui le font rayonner de toutes parts comme un solide incandescent. Il vaut la peine de remarquer à quel point cette expérience met en évidence ce fait, qu'un rayon lumineux, quelque intensité qu'il puisse avoir, demeure invisible tant qu'il ne tombe pas sur quelque chose. L'*espace*, bien que traversé par les rayons de tous les soleils et de toutes les étoiles, est invisible. L'éther lui-même qui remplit l'espace, et dont les vibrations constituent toute lumière, est invisible.

Vous remarquez que l'extrémité du tube à expériences la plus éloignée de la lampe ne contient pas de nuage. Il y a là aussi cependant de la vapeur de nitrite d'amyle; mais elle demeure insensible à l'action des rayons puissants qui la traversent. Si nous rendons le faisceau plus convergent en le recevant sur un miroir concave argenté, et le dirigeant, après la réflexion, vers le tube, il a moins d'efficacité que d'abord. Bien qu'un cône lumineux d'une intensité extraordinaire traverse la vapeur, il n'y a pas de précipitation, pas trace de nuage. Pourquoi cela? Parce que la très-petite partie du faisceau qui est susceptible de décomposer la vapeur est entièrement absorbée et épuise son action dans la première portion du tube. La grande quantité de lumière qui reste après cette filtration des rayons actifs n'a plus aucun pouvoir sur les molécules de nitrite d'amyle. Nous voyons ici une démonstration frappante des propositions que j'émettais tout à l'heure, au sujet de l'influence de la *périodicité*, comparée à celle de l'*intensité*. En effet, la portion du faisceau qui reste ici sans action a probablement plus d'un million de fois la force absolue de celle qui agit. C'est d'une force spéciale, en rapport avec nos atomes, que nous avons besoin ici; c'est cette force spéciale, possédée par les petites ondes, qui leur donne leur puissance. Si nous retournons le tube à expériences de manière à soumettre la portion de vapeur non décomposée à l'action du faisceau *non tamisé*, nous y voyons instantanément se précipiter un beau nuage lumineux.

La lumière solaire, elle aussi, décompose la vapeur de nitrite d'amyle. Une petite pièce de l'Institution royale, exposée au soleil, fut transformée en chambre noire. On y fit pénétrer un faisceau lumineux par une ouverture pratiquée dans le vo-

let; sur le trajet de ce faisceau, on plaça une grande lentille plan-convexe, qui formait, au milieu des poussières flottantes, un beau cône de rayons convergents. Le tube à expériences, rempli dans le laboratoire et couvert d'un drap noir, fut transporté dans cette chambre obscure. En plaçant une extrémité du tube dans le cône lumineux, on vit immédiatement se produire une précipitation abondante. A l'autre extrémité, la vapeur, protégée comme précédemment, restait indécomposée; mais, en retournant le tube, une nouvelle précipitation s'effectuait, et un second nuage conique prenait naissance, aussi brillant que le premier.

Arrêtons-nous ici un instant, et jetons un regard sur le chemin que nous venons de parcourir. Nous avons considéré une vapeur comme une réunion de molécules se repoussant mutuellement, et qu'une pression extérieure seule empêche de s'écarter indéfiniment les unes des autres. Nous avons défini la molécule, un agrégat d'atomes maintenus dans leur position d'équilibre par les actions égales de deux forces opposées, et oscillant sans cesse de part et d'autre de cette position. Nous avons conçu un faisceau lumineux comme composé d'une série d'ondes innombrables, et nous avons fait voir ses propriétés chimiques. Nous avons montré que ce n'est pas l'intensité des ondes, mais leur périodicité vibratoire qui les rend efficaces comme agents chimiques. Nous avons vu aussi comment le faisceau lumineux est tamisé par la vapeur qu'il décompose, et privé des rayons auxquels appartient la faculté décomposante. Enfin, nous avons pu tirer de la lumière du soleil les mêmes effets que nous avions obtenus d'abord avec la lampe électrique.

Maintenant, je voudrais familiariser vos esprits avec cette idée, qu'aucune action chimique ne peut être produite par un rayon, sans entraîner nécessairement la destruction de ce rayon. Seulement, cette expression *rayon* ne nous satisfait plus, à présent que nous désirons faire disparaître tout vague de notre langage et donner une signification physique précise à chacun de nos termes. Laissant donc de côté un mot qui n'a véritablement pas de sens, reportons notre pensée sur les *ondes* lumineuses, et comprenons bien que ces ondes ne produisent des actions chimiques qu'à la condition d'abandonner leur propre mouvement aux molécules qu'elles décomposent. Nous sommes ainsi allés, jusqu'à un certain point, au devant d'une question de grande importance en physique moléculaire, et qui mérite d'être fixée dans vos esprits d'une façon plus précise. C'est celle-ci : Lorsque les ondes de l'éther sont arrêtées par une vapeur composée, leur mouvement est-il transmis aux molécules de vapeur, ou aux atomes de ces molécules? Nous avons déjà répondu : aux atomes; et, en effet, s'ils ne reçoivent pas des impulsions individuelles, quelle cause peut les forcer à se séparer? Mais la question est susceptible et digne en même temps d'une autre épreuve, dont vous allez apprécier immédiatement la portée et la signification.

Comme je l'ai déjà dit, les molécules sont maintenues dans leur position d'équilibre, d'une part, par leur répulsion mutuelle, et, d'autre part, par une pression extérieure. Leur vitesse de vibration, si elles vibrent, doit dépendre de la force d'élasticité par laquelle elles réagissent les unes sur les autres. Si cette force vient à varier, la vitesse de vibration devra se modifier avec elle; et, après un pareil changement, les molécules ne pourront plus détruire les ondes qu'elles détruisaient primitivement. Or, la force élastique qui existe de molécule à molécule est complétement transformée, lorsque, de l'état de vapeur, elles passent à l'état liquide. Par conséquent, si le liquide absorbe les ondes de même vitesse que sa vapeur, c'est une preuve que cette absorption n'est point due aux molécules. Tâchons de nous bien entendre sur ce point important. Les ondes absorbées sont celles dont les vibrations sont synchrones avec les vibrations des molécules ou atomes sur lesquels elles tombent, — principe qu'on exprime quelquefois en disant que tout corps émet et absorbe les mêmes rayons. Cette grande loi, vous le savez, sert de base à l'analyse spectrale; c'est elle qui a permis à Kirchhoff d'expliquer les raies de Fraunhofer, et de déterminer la composition chimique de l'atmosphère solaire. Si, dès lors, après une modification telle que celle qui se produit au moment du passage d'une vapeur à l'état liquide, ce sont toujours les mêmes ondes qui sont absorbées, après comme avant, il est évident que les molécules, qui ont entièrement changé leur période de vibration, ne peuvent pas être le siége de cette absorption; et nous sommes amenés à décider que c'est aux *atomes*, dont la vitesse de vibration n'est nullement affectée par le changement de la vapeur en liquide, qu'est transmis le mouvement des ondes. Si donc l'expérience montre cette identité d'action d'un liquide et de sa vapeur, la conclusion que nous avions annoncée tout d'abord va se trouver de nouveau vérifiée de la manière la plus éclatante.

Consultons le témoignage de l'expérience. En face de ce tube à expériences, qui contient une certaine quantité de vapeur de nitrite d'amyle, est placé un réservoir de verre de 6 millimètres d'épaisseur, rempli de nitrite d'amyle liquide. Je fais passer le faisceau de lumière électrique, d'abord à travers le liquide, et ensuite à travers sa vapeur. La puissance lumineuse de ce faisceau est extrêmement considérable; mais il ne peut avoir aucune action sur la vapeur; le liquide l'a privé de toutes ses ondes efficaces. J'enlève maintenant le liquide; l'action chimique commence aussitôt, et bientôt notre tube, qui semblait ne rien contenir, est rempli d'une nuée brillante précipitée par une portion, et illuminée par une autre portion du faisceau. Je replace le liquide; toute action chimique cesse instantanément. Je l'enlève de nouveau, l'action recommence. C'est ainsi que nous pouvons découvrir, dans une certaine mesure, les secrets de ce petit monde de molécules et d'atomes.

Au lieu d'employer l'air comme véhicule pour transporter la vapeur dans le tube à expériences, nous pouvons nous servir d'oxygène, d'hydrogène, d'azote. Avec l'hydrogène, on observe de curieux effets, dus à la chute des nuages à travers le gaz très-léger dans lequel ils flottent. Ces phénomènes rappellent, sans la prouver, la thèse de ceux qui veulent que, pour pouvoir rester suspendus dans notre atmosphère, les nuages soient formés de petites vésicules et non de sphères pleines. Voici devant vous un tube rempli de vapeur de nitrite d'amyle, qui y a été transporté par du gaz hydrogène. En faisant passer le faisceau à travers le tube, on voit se précipiter un beau nuage blanc bleuâtre. Quelques coups de piston font disparaître ce nuage, en laissant encore de la vapeur dans l'appareil. Si l'on expose de nouveau celui-ci au faisceau lumineux, il se produit un second nuage plus délicat que le premier. On peut recommencer l'expérience une demi-douzaine de fois successivement, et il reste encore dans le tube une quantité de vapeur suffisante pour donner naissance à un nuage d'une extrême délicatesse de teinte et de texture.

Outre le nitrite d'amyle, on peut employer un grand nom-

itres substances, que, comme lui, on ne savait pas en-
sibles à l'action de la lumière. Mais, pour le moment,
tiens à cet exemple. Il y a cependant une addition à
un point que je veux éclaircir, surtout parce qu'il
un ordre de phénomènes qui ont dans la nature une
importance. Vous savez que dans notre atmosphère
gaz acide carbonique, qui fournit la nourriture au
végétal. Mais les plantes ne peuvent s'emparer de cette
ire sans l'intervention des rayons solaires. Et cepen-
notre connaissance, ces rayons n'ont pas la moindre
e sur l'acide carbonique libre de l'atmosphère. La
du soleil ne peut décomposer ce gaz que lorsqu'il
rbé par les feuilles des végétaux. Dans les feuilles, il
e mis en contact avec des substances prêtes à mettre
la dissociation de ses molécules commencée par les
imineuses. La décomposition une fois mise en train
ayons, la feuille peut s'emparer du carbone et se l'assi-
andis que l'oxygène est mis en liberté.
un tube à expériences qui contient une certaine quan-
e vapeur différente de celle que nous avons employée
présent. Le liquide duquel elle provient s'appelle *nitrite*
e. Si nous faisons arriver le faisceau lumineux sur
peur, qui a été portée dans le tube par de l'air, l'ac-
mique est à peine sensible. J'ajoute maintenant à cette
un peu d'air que j'ai fait barboter dans de l'acide
drique; je dirige de nouveau le faisceau sur ce mé-
'action est si rapide, les nuages précipités sont si den-
c'est à peine si, même avec la plus grande attention,
avez observer l'instant d'obscurité qui précède cette
ation. Cette augmentation énorme de l'effet produit
à la présence de l'acide chlorhydrique. Comme la
hylle dans les feuilles des plantes, il met à profit le
cement de décomposition des molécules du nitrite
le, produit par les ondes lumineuses.
ces diverses expériences, notre faisceau de lumière
servi à deux choses : une petite portion de ce faisceau
nployée à décomposer nos vapeurs ; le reste, la grande
à rendre lumineux les nuages produits par cette
osition. Nous pouvons donner à ces nuages un
quelconque de ténuité; car nous sommes libres
ler à volonté la quantité de vapeur introduite dans
ibe à expériences. Quand cette quantité est convena-
t réglée, les particules précipitées sont d'abord d'une
titesse, qu'elles peuvent défier les microscopes les
issants de les rendre sensibles à nos organes. Proba-
t leurs diamètres s'exprimeraient alors en cent-mil-
le millimètre. Elles grossissent peu à peu, et, à mesure
rs dimensions augmentent, elles émettent par ré-
une quantité de mouvement ondulatoire de plus en plus
jusqu'à ce qu'enfin le nuage qu'elles forment de-
ssez lumineux pour éclairer cette salle entière. Pen-
e se fait l'accroissement des particules, on voit souvent
uire les phénomènes d'irisation les plus splendides.
tmosphère des Alpes, j'ai vu quelquefois avec enchan-
et admiration des faits du même ordre, mais jamais
ussi magnifique que ce que nous montrent nos expé-
de laboratoire. Ce n'est cependant pas de ces irisa-
ielque belles qu'elles puissent être, que nous devons
iant occuper nos esprits, mais bien d'autres phéno-
qui ont trait aux deux grandes énigmes actuelles de
orologie, — la couleur du ciel et la polarisation de sa
.

Permettez-moi de vous le dire ici en deux mots, si ma correspondance particulière avec un homme illustre ne m'avait poussé dans cette direction, je n'aurais pas abordé de sitôt un tel sujet de recherches. A propos des effets de la lumière dont vous venez d'être témoins, sir John Herschel m'écrivait : — « Il y a là une classe de relations éminemment propres à arrêter une pensée, et il me semble qu'elles ont eu sur vous l'effet de vous engager dans une voie excellente. Je suis ravi de vous voir en présence de la couleur bleue du ciel ; surtout, si cela peut vous conduire à une explication satisfaisante de la polarisation de sa lumière. » Cette lettre traitait ensuite de ce « mystérieux et magnifique phénomène », dans des termes qui m'inspirèrent un ardent désir de jeter, s'il était possible, un peu de clarté sur une question au sujet de laquelle circulent, parmi nos esprits scientifiques les plus éminents, les idées et les théories les plus contradictoires.

Et d'abord, pour ce qui regarde la coloration bleue du ciel, d'où vient-elle, et pouvons-nous la reproduire ? Cette couleur n'a pas la même origine que celle des matières colorantes ordinaires. Celles-ci absorbent certaines portions de la lumière blanche du soleil, et la couleur de la substance est celle de la portion qui reste. La violette est bleue, parce que sa structure moléculaire la rend propre à éteindre le vert, le jaune, le rouge qui entrent dans la constitution de la lumière blanche, et à laisser au bleu un libre passage. La fleur du géranium est rouge, parce que sa texture intime lui permet d'absorber tous les rayons, excepté les rayons rouges. Ces couleurs-là s'appellent couleurs d'absorption ; mais la teinte du ciel n'appartient pas à cette catégorie. La lumière bleue qu'il nous envoie est de la lumière *réfléchie*; et si, dans notre atmosphère, il n'y avait rien qui pût renvoyer les rayons solaires, au lieu d'un bleu firmament, nous apercevrions sur nos têtes l'obscurité profonde de l'espace infini. Le bleu est réfléchi par des particules parfaitement incolores ; une extrême petitesse de ces particules est la seule condition exigée pour assurer la séparation de cette couleur et sa réflexion. Parmi toutes les ondes visibles émises par le soleil, les plus courtes sont celles qui correspondent au bleu. De petites particules ont plus de puissance sur ces ondes-là que sur les plus grandes ; de là la prédominance de la couleur bleue dans toute lumière réfléchie par des particules excessivement ténues. L'éclat rougeâtre des Alpes, le soir et le matin, est dû au contraire à de la lumière *transmise*, c'est-à-dire à de la lumière qui, en traversant de grandes épaisseurs d'atmosphère, s'est dépouillée de ses rayons bleus constitutifs par une série de réflexions successives.

Il est possible, comme nous l'avons vu, de régler convenablement la quantité de vapeur, de manière à faire grandir nos particules précipitées, depuis des dimensions infiniment petites, ultra-microscopiques, jusqu'à un volume parfaitement appréciable ; au moyen de ces particules, nous pouvons, à un moment déterminé de leur accroissement, produire une teinte bleue qui peut rivaliser, sinon la surpasser en beauté, avec celle du ciel italien le plus pur et le plus foncé. Commençons par établir ce point. A notre tube à expériences est associé un baromètre, dont la colonne mercurielle indique actuellement que le vide existe dans l'appareil. J'introduis dans le tube une quantité d'air mêlé de vapeur de nitrite de butyle suffisante pour déprimer la colonne de mercure de $1^{mm},3$; cela veut dire que maintenant l'air et la vapeur réunis exercent une pression égale à $\frac{1}{600}$ de 1 atmosphère. J'ajoute ensuite un peu d'air et d'acide chlorhydrique, qui font encore

descendre le niveau de 0m,013 ; enfin, sur cette atmosphère complexe et très-raréfiée, je dirige le faisceau de lumière électrique. L'effet est lent ; mais peu à peu vous voyez naître dans le tube cette magnifique coloration azurée, qui devient de plus en plus intense, atteint un maximum de vigueur et de pureté, et puis, à mesure que les particules grossissent, passe à un bleu blanchâtre. Cette expérience est démonstrative, et elle met en évidence un principe, qui est général. Beaucoup d'autres substances incolores, douées des propriétés optiques et chimiques les plus diverses, peuvent être employées pour la faire. Dans tous les cas, le nuage, à son début, manifeste cette belle couleur bleue. Il est donc prouvé que des particules de matière infiniment petites, — sans aucune teinte qui leur appartienne en propre, et indépendamment des propriétés optiques qu'elles peuvent présenter lorsqu'elles sont réunies en masses sensibles, — sont aptes à produire la coloration du ciel.

Mais notre ciel nous offre un autre sujet d'études, d'un caractère encore plus subtil et plus caché que le précédent. Je veux parler de ce « mystérieux et merveilleux phénomène » (Herschel, *Météorologie*, art. 233), la polarisation de la lumière céleste. La polarité d'un aimant consiste en ceci, qu'il a *deux bouts, deux extrémités*, ou pôles, agissant en sens inverse l'un de l'autre. Des forces polaires, ainsi que vous le savez, sont celles dans lesquelles se manifestent les effets corrélatifs de l'attraction et de la répulsion. Il existe une sorte particulière de polarité, que Huyghens avait déjà remarquée, que Newton avait essayé d'interpréter, et qui fut définitivement découverte par un physicien français, nommé Malus, dans un rayon de soleil réfléchi par l'une des fenêtres du Luxembourg, à Paris. C'est elle qu'on a appelée *polarisation*. Nous devons toutefois attacher aujourd'hui à l'idée d'un rayon polarisé un sens bien plus précis que ne pouvaient le faire ceux mêmes qui firent cette découverte. Alors, en effet, l'esprit humain n'était pas assez mûr, les théories optiques n'étaient pas assez avancées pour qu'on pût saisir ou exprimer la signification physique de la polarisation. Quand on tire un coup de canon, l'explosion se propage comme une onde au travers de l'air. Les couches qui entourent le centre d'ébranlement sont successivement mises en mouvement, chaque couche cédant son mouvement à celle qui l'entoure, pour revenir ensuite à sa position d'équilibre. Ainsi, tandis que l'onde parcourt de longues distances, chaque particule d'air, considérée dans sa mobilité propre, n'accomplit qu'une petite oscillation en avant et en arrière. Dans le cas des ondes sonores, la vibration des particules aériennes s'exécute *dans la direction* même de la propagation du son ; c'est pourquoi on les appelle vibrations *longitudinales*. Dans le cas des ondes lumineuses, au contraire, les vibrations sont *transversales*, c'est-à-dire que les particules de l'éther se meuvent *perpendiculairement* à la direction de la propagation de la lumière. A ce point de vue, les ondes lumineuses ressemblent, plus que les ondes sonores, aux ondes ordinaires de la surface de l'eau. Si nous considérons un rayon de lumière naturelle, les vibrations des particules éthérées se font *dans tous les sens* perpendiculaires à sa direction ; mais faisons tomber ce rayon obliquement sur la surface plane d'une glace, comme dans le cas de Malus, dans la portion réfléchie les molécules ne vibreront plus dans tous les sens autour de lui. Par l'effet de la réflexion, *pourvu qu'elle s'exécute sous un angle convenable*, les vibrations se limitent toutes à un seul plan, et, dans ces conditions, la lumière est dite *polarisée rectilignen*

Un rayon lumineux qui passe à travers du verre ordin vibre dans l'intérieur de sa substance exactement comme ferait dans l'air ou dans l'espace éthéré. Il n'en est plus de m s'il traverse certains cristaux transparents. Car ceux-ci p dent aussi leur polarité, et l'arrangement de leurs parties stituantes est tel, qu'il ne permet les vibrations que certaines directions déterminées. Voici de la tourmaline, stance cristallisée bien connue, qui témoigne une hos marquée à toute vibration exécutée perpendiculaireme son axe. Elle éteint rapidement les vibrations de cet ordr laissant au contraire un libre passage à celles qui se fon rallèlement à l'axe. En conséquence, un rayon qui tra une épaisseur quelconque de cette substance, en sort risé. Il en est de même de ce beau cristal qu'on appelle s d'Islande, ou spath biréfringent. Dans un certain sens, mais un seul, il semble aussi indifférent que le verre ; dans les autres, il décompose le rayon lumineux qui le travers deux moitiés distinctes, parfaitement polarisées toute deux, et exécutant leurs vibrations dans deux plans per diculaires l'un à l'autre.

On peut, au moyen d'artifices particuliers, se débarrass l'un des deux rayons polarisés dans lesquels le spath d'Isl divise un rayon ordinaire. Ce résultat a été obtenu d'une nière si ingénieuse et si complète par un certain Nicol, son nom est resté attaché aux prismes de spath taillés manière qu'il indiqua. Un pareil prisme polarise un rayo mineux ; et si ce rayon, avant de tomber sur le prisme, déjà polarisé, il est arrêté par le prisme dans une de ses tions, et transmis dans une autre. Voici notre chemin qui claire dans une certaine mesure, et nous pouvons rev maintenant à l'examen de la lumière atmosphérique. En re dant différents points du bleu firmament à travers un Nicol nous ferons tourner autour de son axe, nous remarquerons vite des variations dans l'éclat du ciel. Pour certaines posi du spath, et pour certains points du ciel, la lumière seml transmise en totalité ; puis, regardant toujours aux mê points, il suffira de faire tourner le prisme de 90 degrés au de son axe, pour diminuer considérablement l'intensit cette lumière. Par un examen attentif, on verra que la d rence produite par la rotation du Nicol sera maximum qu'on regardera dans une direction perpendiculaire à des rayons solaires au travers de l'atmosphère. Perme moi de vous faire part de quelques observations que faites ces jours-ci au sommet de Primrose-Hill. Le soleil près de se coucher, et quelques nuages disséminés, d' teinte indécise, flottaient dans l'air. Quand on les regar perpendiculairement à la direction des rayons solaires, pouvait, en faisant tourner le Nicol, les voir tantôt blancs un fond noir, tantôt, au contraire, obscurs sur un éclairé (1). Dans certaines de ses positions, le prisme éteig en grande partie la lumière du ciel, et alors les nuages projetant sur le fond sombre de l'espace, paraissaient blan à 90 degrés de ces positions, la lumière du ciel repar sait, et alors, par un effet de contraste, les nuages devena obscurs.

De pareilles expériences prouvent que la lumière bl que nous envoie le ciel est polarisée, et que la directio

(1) Lorsque j'écrivais ces mots, j'ignorais que l'infatigable Brew avait déjà fait cette observation.

maximum est perpendiculaire à celle des rayons l'azur céleste était semblable à la lumière ordi-ouvement du Nicol ne produirait sur elle aucun erait transmise également pendant sa rotation en-ns certaines positions, elle est éteinte en grande qu'elle est en grande partie polarisée.

rayon lumineux tombe, sous un angle conve-la surface plane d'une glace, il est polarisé par est polarisé *partiellement* par une réflexion obli-ique; mais, sous un angle particulier et déterminé, *isé complétement.* Une loi remarquablement belle découverte par sir David Brewster, permet de médiatement l'*angle de polarisation* de toute sub-t on connaît l'indice de réfraction. Brewster a loi expérimentalement; mais la théorie ondu-a lumière en rend compte de la manière la plus En voici une image géométrique. Quand un rayon ombe obliquement sur une lame de verre, il est en échi et en partie réfracté. Pour une incidence , les portions réfléchie et réfractée sont perpen-'une à l'autre. L'angle d'incidence, à ce moment, de polarisation. Cet angle varie avec l'indice de le la substance : pour l'eau, il est de 52° 30′; pour 57° 30′; pour le diamant, de 68 degrés.

i maintenant préparés à démêler les difficultés ient la question qui nous occupe. Nous avons déjà pour obtenir la polarisation la plus complète re du ciel, il fallait le regarder suivant une direc-diculaire aux rayons solaires. On exprime quel-fait en disant que le lieu de polarisation maxi-une distance angulaire de 90 degrés du soleil. Cet degrés formé par le rayon direct et le rayon omprend à la fois les angles d'incidence et de 'angle d'incidence qui correspond à la polarisation de la lumière du ciel est donc la moitié de 90 de-à-dire 45 degrés. Voilà l'angle de polarisation de ce, et il s'agit maintenant de savoir quelle est la onnue qui possède un indice de réfraction corres-cet angle de polarisation. Si nous la connaissions, is entraînés à conclure que ce sont des particules bstance qui, disséminées dans l'atmosphère, pro-polarisation de la lumière céleste. « Si l'angle de a maximum, dit sir John Herschel, était de 76 de-u de 90 degrés, nous pourrions considérer l'*eau* ou mme le corps réfléchissant, quelque incompré-ue puisse nous paraître l'existence de particules on vaporisées, dans une atmosphère sans nuage et l'une chaude journée d'été. » Mais un angle de pola-45 degrés correspond à un indice de réfraction égal i veut dire qu'il n'y a pas de réfraction du tout, il ne peut pas y avoir non plus réflexion. Brewster observateurs sont arrivés à cette conclusion, qu'il on sur les particules de l'air lui-même. Il est diffi-nner un sens physique à cette conclusion. Si la réfléchit, ce ne peut être que sur la surface de commune à deux milieux inégalement réfringents. tisfaire à la loi de Brewster, comme le fait remar-hn Herschel, « la réflexion devrait se faire *dans* l'air — « Plus on approfondit cette question », ajoute hysicien que je viens de nommer, « plus on la trouve difficultés; et l'explication, quand on y arrivera, entraînera probablement avec elle celle de la coloration bleue du ciel elle-même. »

Si vous mettez en doute ma prudence, vous apprécierez, en tout cas, la confiance en votre capacité qui m'a poussé à venir affronter devant vous une étude aussi épineuse. Quoi qu'il en soit, je pense que les esprits eux-mêmes qui puisent leurs connaissances et leurs directions à des sources toutes différentes, peuvent prendre intérêt à des questions telles que celles-ci, quelque obscures et difficiles qu'elles puissent être. Je ne m'attends pas à ce que chacun de vous ait parfaitement saisi tous les détails de la discussion; mais je pense que tous ceux qui m'écoutent se rendent bien compte du rôle extrêmement important que nous avons vu jusqu'à présent jouer à la loi de Brewster, dans nos spéculations sur la coloration et la polarisation du ciel. Cette loi nous conduit à cette conclusion déjà annoncée, que la réflexion considérable de la lumière céleste se fait à la surface de séparation de deux milieux de même réfrangibilité, chose aussi matériellement impossible qu'une réflexion dans le sein même d'un milieu optiquement homogène (1). Je vais chercher maintenant à démontrer, en votre présence : 1° comme complément de nos premières expériences, que le bleu du ciel peut être produit par des particules excessivement ténues de toute espèce de matière; 2° que ces particules produisent une polarisation semblable à celle de la lumière céleste; 3° qu'une matière, dans cet état extrême de division, où les particules sont probablement petites en comparaison des dimensions d'une onde lumineuse, échappe d'une manière complète à la loi de Brewster, la direction de polarisation maximum devenant alors absolument indépendante de l'angle de polarisation, tel que nous l'avons défini plus haut. Pourquoi en est-il ainsi? C'est ce que la théorie ondulatoire de la lumière, pour se compléter, aura à expliquer plus tard.

Dans ce tube à expériences, j'introduis, comme précédemment, une vapeur susceptible d'être décomposée par les ondes lumineuses. Le mélange d'air et de vapeur déprime la colonne barométrique de 25 millimètres; je fais entrer ensuite de l'air qui a barboté dans de l'acide chlorhydrique étendu, jusqu'à ce que le niveau du mercure s'abaisse de 76 centimètres, en d'autres termes jusqu'à ce que le tube soit rempli. Je fais maintenant agir sur ce mélange le faisceau de lumière électrique. Tout d'abord on ne voit rien de particulier. Sans aucun doute, l'action chimique avance, et la condensation s'effectue; mais les molécules condensées ne sont pas encore réunies en particules assez grandes pour réfléchir d'une manière sensible les ondes lumineuses. Les particules qui se produisent ici sont d'abord si petites, que leurs diamètres devraient probablement s'exprimer en cent-millièmes de millimètre; et cependant, pour former chacune de ces particules, les molécules se sont probablement associées en nombre considérable. Aidée par de pareilles considérations, notre vue intellectuelle plonge

(1) Je considère ici comme démontré que l'angle de polarisation de 45 degrés établi par l'observation est d'une exactitude rigoureuse. Pour ce qui est de la réflexion qui accompagne la réfraction atmosphérique, comme les rayons tombent sur une surface convexe ou sur une série de surfaces convexes concentriques, la lumière réfléchie est dispersée dans l'espace et non renvoyée vers l'œil de l'observateur. Une pareille réflexion, d'ailleurs, même pour un œil qui serait placé dans cet espace, n'expliquerait pas la coloration du ciel, ni probablement l'intensité de sa lumière.

plus profondément dans la nature atomique, et elle nous fait voir, entre autres choses, combien nous sommes éloignés de la réalisation de cette espérance de Newton, qui pensait que les molécules seraient rendues visibles par le microscope. Tandis que je parle, vous observez cette coloration bleue délicate, qui apparaît et fonce graduellement dans le tube à expériences. Il n'est pas de ciel qui puisse présenter des teintes plus belles et plus pures. Mais les particules qui donnent naissance à cette couleur échappent complétement à la puissance de nos microscopes. Vous voyez une coloration uniforme, sans aucune solution de continuité, et décelant aussi peu les particules qui la forment, que le fait un corps dont la couleur est due à une véritable absorption moléculaire. Ce bleu est d'abord aussi sombre, aussi foncé que le ciel vu des plus hauts sommets des Alpes, et pour la même raison. Mais peu à peu il devient plus brillant, tout en restant bleuâtre, jusqu'à ce qu'une légère teinte blanche vienne se mélanger au pur azur ; à ce degré, les particules ne dépassent pas la grandeur infiniment petite qui leur permet de réfléchir les ondes les plus courtes seules (1).

Le liquide que nous employons ici est de l'iodure d'allyle (2); mais je pourrais prendre l'une quelconque, dans cette douzaine de substances que vous apercevez devant vous. Vous avez vu ce que nous pouvons faire avec le nitrite de butyle. Avec le nitrite d'amyle, le sulfure de carbone, la benzine, l'éther benzoïque, etc., nous obtenons les mêmes effets. Chaque fois qu'une matière passe lentement de l'état de molécules à l'état de masse, ce passage est signalé par la production de la coloration bleue. Ce n'est pas tout. Vous m'avez vu regarder la couleur bleue (je n'aime pas dire le *nuage* bleu, tant sa texture et ses propriétés diffèrent de celles des nuages ordinaires) à travers un morceau de spath. C'est un prisme de Nicol, et je voudrais que chacun de vous en eût un semblable dans la main. Eh bien, ce bleu que j'observais en arrive à être, si je puis employer cette expression, un fragment de ciel plus parfait que le ciel lui-même. Lorsque je regarde perpendiculairement au rayon lumineux, exactement comme je le faisais tout à l'heure pour les rayons solaires dans l'atmosphère, j'obtiens une polarisation non plus partielle, mais *complète*. Dans cette position du Nicol, la lumière bleue arrive sans obstacle à mon œil ; dans cette autre, elle est totalement éteinte, et le tube à expériences est ramené à une *vacuité* optique. Il est bon de placer derrière le tube une surface noircie, pour empêcher toute lumière étrangère de venir troubler l'œil de l'observateur. Dans une position du Nicol, cette surface noire s'aperçoit sans affaiblissement ni modification ; car les particules contenues dans le tube sont elles-mêmes invisibles, et la lumière qu'elles réfléchissent est éteinte. Si la lumière atmosphérique était polarisée d'une manière aussi complète, en regardant convenablement à travers un Nicol, nous apercevrions, non pas le doux rayonnement du ciel, mais l'obscurité profonde de l'espace.

Le Nicol est construit de manière à se laisser traverser par les vibrations qui sont exécutées dans une certaine direction déterminée, et celles-là seulement. Toutes les vibrations exécutées perpendiculairement à cette direction sont complétement arrêtées ; et l'une des composantes seule des vibrations exécutées obliquement est transmise. On comprend en conséquence, sans difficulté, que, de la position que nous devrons donner à notre Nicol pour transmettre ou intercepter la lumière de notre nuage, nous pourrons conclure la direction des vibrations de cette lumière. Il va vous être facile de vous représenter ces vibrations. Supposons une ligne menée d'un point quelconque de notre *nuage* perpendiculairement à la direction du faisceau lumineux ; le long de cette ligne, les particules de l'éther qui transportent la lumière du nuage à notre œil vibrent dans une direction normale, à la fois, à cette ligne et au faisceau. Si l'on menait autour du nuage un nombre quelconque de lignes pareilles, semblables aux rayons d'une roue, les particules d'éther oscilleraient de la même manière le long de toutes ces lignes. Par conséquent, si l'on imagine un *plan* coupant le nuage perpendiculairement à sa longueur, les vibrations complétement polarisées émises de tous côtés seront toutes parallèles à cette surface. C'est là, de fait, le plan de vibration de la lumière polarisée. J'espère que maintenant chacun de vous se fait une idée bien nette de ces vibrations.

Notre nuage bleu est un prisme de Nicol virtuel ; et, entre lui et le Nicol réel, on peut produire tous les effets qu'on obtient entre le polariseur et l'analyseur d'un polariscope. Lorsque, par exemple, nous plaçons une lame mince de sélénite, qui est du sulfate de chaux cristallisé, entre le Nicol et le nuage naissant, nous donnons naissance aux splendides phénomènes chromatiques de la lumière polarisée. La coloration de la lame dépend, comme plusieurs d'entre vous le savent, de son épaisseur. Si celle-ci est uniforme, il *en est de* même de la coloration. Si, au contraire, la lame, taillée en forme de coin, va en s'épaississant graduellement et uniformément d'un bord à un autre, nous apercevons une série de bandes brillantes parallèles à ces bords. La meilleure forme, pour les expériences de ce genre, est peut-être celle que vous voyez dans ma main. Elle consiste en une lame de sélénite, amincie dans sa partie centrale, et s'épaississant graduellement vers sa circonférence. En la plaçant entre le Nicol et le nuage, nous obtenons, au lieu d'une série de bandes parallèles, un système d'anneaux magnifiquement colorés. Les couleurs ont leur maximum d'éclat, quand nous regardons le nuage normalement. Nous pouvons observer exactement les mêmes phénomènes, si nous regardons le ciel perpendiculairement à la direction des rayons solaires.

Jusqu'à présent nous avons éclairé notre nuage naissant avec de la lumière ordinaire, et nous avons constaté que la portion de cette lumière réfléchie latéralement dans toutes les directions est complétement polarisée. Nous allons examiner maintenant ce qui se produit quand la lumière qui illumine le nuage est elle-même polarisée. En face de la lampe électrique, entre elle et le tube à expériences, je place ce beau prisme de Nicol, qui est suffisamment grand pour embrasser et polariser le faisceau tout entier. Le Nicol est actuellement dans une position telle, que le plan de vibration de la lumière qui en sort pour tomber sur le nuage est vertical. Comment le nuage va-t-il se comporter vis-à-vis de cette lumière ? Eh bien, cette réunion informe de particules infiniment petites, sans structure définie, va manifester à nos yeux la polarité de la lumière de la façon la plus éclatante. Elle est en effet absolument incapable de renvoyer cette lumière

(1) Peut-être pourrait-on obtenir une impression photographique avant que le bleu commence à se montrer ; car les rayons ultra-bleus sont réfléchis en premier lieu.

(2) Pour lequel je dois des remercîments à la gracieuse obligeance du docteur Maxwell Simpson, F. R. S.

ou en bas, tandis qu'elle la réfléchit librement suivant
atale à droite et à gauche. Je fais tourner le Nicol de
à rendre le plan de vibration horizontal; et je
intenant le nuage réfléchir la lumière verticalement
et en bas, mais devenir impuissant à rejeter un seul
orizontalement, à droite ou à gauche.

votre attention sur l'une de ces particules réfléchis-
Représentez-vous cette particule comme une petite
sur laquelle vient tomber le faisceau de lumière
ue. Appelez le diamètre qui coïncide avec la direction
eau, l'*axe* de cette sphère ; l'un des *pôles* sera tourné
ampe, tandis que l'autre regardera du côté opposé.
eur sera naturellement à égale distance des deux pôles.
z enfin un parallèle de latitude mené sur la sphère,
istance angulaire de 45 degrés du pôle, c'est-à-dire à
chemin entre le pôle et l'équateur. Voici ce qui va se
vec de la lumière ordinaire. Toutes les vibrations tan-
u petit cercle, que j'appelle parallèle de latitude, seront
es complétement polarisées ; mais toutes les vibrations
es perpendiculairement à ce cercle passeront sans
léchies au travers de la petite sphère. Au lieu de lu-
ordinaire, employons de la lumière polarisée. Il est
'aux deux extrémités d'un certain diamètre du petit
les vibrations s'exécuteront suivant les tangentes,
u'aux deux extrémités du diamètre perpendiculaire,
xécuteront normalement au cercle. Dans le premier
particules *réfléchiront* la lumière ; dans le second, elles
mettront sans la réfléchir. Ce qui est vrai d'une par-
st vrai de toutes les autres, et de là cette propriété du
ormé de pareilles particules, de ne pouvoir réfléchir
ière que dans deux directions déterminées. Vous com-
maintenant le phénomène tout entier. Sans doute, les
les réfléchissantes, ainsi bien que les ondes de l'éther,
ent à la portée de nos sens; mais l'image que je
onne ici est aussi simple et aussi aisée pour notre
ence, que si, dans ma démonstration, j'avais désigné
s, l'équateur et un parallèle de latitude d'un globe
e ordinaire.

osons que l'atmosphère de notre planète soit entourée
nveloppe opaque, percée, du côté du soleil, d'une ou-
par laquelle un faisceau lumineux pourrait pénétrer
verser cette atmosphère. Entouré de tous côtés par de
n éclairé directement, ce faisceau ressemblerait à ce-
ne lampe électrique envoyé au travers d'un espace
rempli de nos vapeurs nuageuses. Sa trace serait bleue,
émettrait latéralement, dans tous les sens autour
de la lumière polarisée exactement de la même ma-
ue celle qui est émise par notre nuage. Et, en effet,
manifesté par le faisceau serait l'azur d'un nuage de
pèce. Si, au lieu de laisser entrer par l'ouverture la
naturelle du soleil, on la polarisait à son arrivée dans
tmosphère au moyen d'un prisme de Nicol, les parti-
ui produisent la coloration du ciel agiraient précisé-
omme celles de notre nuage naissant. La lumière du
rait réfléchie dans deux directions, non réfléchie dans
tres. En résumé, avec un pareil faisceau traversant
ement l'air non éclairé, nous pourrions obtenir tous
s que nous tirons de notre nuage. Quand nous don-
issance à de pareils nuages, nous transportons, en
e sorte, des portions du ciel dans nos laboratoires,
et nous voyons se manifester en elles toutes les propriétés qui caractérisent la voûte azurée étendue sur nos têtes.

Et maintenant, comme si je n'avais pas encore imposé assez d'efforts à vos esprits, je veux vous décrire une série de phénomènes remarquables qu'on voit se produire lorsqu'on laisse les molécules de nos nuages s'accroître assez pour arriver à se trouver dans les conditions de la vraie matière nuageuse. Notre système d'anneaux colorés donné par la sélénite, et décrit ci-dessus, est un réactif d'une délicatesse extrême pour déceler la lumière polarisée. Lorsque nous observons un nuage naissant *normalement* ou perpendiculairement, les couleurs des anneaux sont très-vives, et une diminution dans leur éclat se fait immédiatement sentir, si nous venons à regarder *obliquement*. Mais continuons à regarder à travers le Nicol et la sélénite perpendiculairement au nuage; les particules augmentent de volume, le nuage devient plus grossier et plus blanc; en même temps la coloration des anneaux diminue progressivement d'intensité. A la longue, le nuage cesse d'émettre de la lumière polarisée suivant la normale, et les anneaux s'effacent complétement. Si *alors* nous regardons le nuage obliquement, les anneaux reparaissent très-brillants encore, sinon aussi brillants qu'en premier lieu. Ainsi le nuage qui a cessé d'émettre de la lumière polarisée perpendiculairement au rayon qui l'illumine, en répand maintenant en quantité dans des directions obliques. La direction de la polarisation maximum varie donc avec la texture du nuage.

Mais ce n'est pas tout encore; seulement, pour faire comprendre même partiellement, ce qui me reste à dire, je dois ajouter un mot sur les apparences que présentent les couleurs de notre lame de sélénite. Si la lame est partout d'égale épaisseur, sa teinte, en lumière polarisée, est uniforme. Supposons dès lors que, cette teinte étant par exemple *verte*, nous disposions d'abord le Nicol de manière à lui donner son éclat maximum. Si nous faisons tourner le Nicol sur son axe, le vert pâlit. Quand l'angle de rotation atteint 45 degrés, toute coloration disparaît. Nous passons alors par ce qu'on peut appeler un point neutre, pour lequel la sélénite se comporte, non comme un cristal, mais comme un morceau de verre amorphe. Continuons à faire tourner le Nicol: une couleur reparaît; seulement ce n'est plus du vert, mais du *rouge*. Il atteint son plus grand éclat à une distance de 45 degrés du point neutre, ou, en d'autres termes, à 90 degrés de la position du vert maximum. A 45 degrés plus loin, la coloration s'efface de nouveau. Nous avons là un second point neutre, au delà duquel on voit reparaître le vert, qui arrive à son éclat maximum au bout d'une rotation de 180 degrés. Ainsi, en faisant tourner le Nicol d'un angle de 90 degrés, nous obtenons la couleur complémentaire de celle qui s'était manifestée en premier lieu.

Comme on peut le deviner d'après les résultats ci-dessus, le système d'anneaux produit par la sélénite change complétement de caractère quand on fait tourner le Nicol. On peut obtenir d'abord une partie centrale obscure, entourée d'anneaux vivement colorés. La rotation du Nicol de 90 degrés rend le centre lumineux, et tout point des anneaux qui était primitivement occupé par une couleur est, dans ce second cas, occupé par la couleur complémentaire. Mais pourquoi ces longs préliminaires? J'en avais besoin pour pouvoir dire, en toute assurance d'être compris de tout le monde, qu'un nuage peut modifier sa structure, de manière à produire

sur la lumière un effet équivalent à la rotation d'un Nicol de 90 degrés. Par certaines actions intimes très-curieuses, que je ne veux pas décrire ici, le nuage se divise quelquefois, dans notre tube à expériences, en plusieurs portions de textures différentes. Certaines de ces portions sont plus grossières que d'autres, et l'on peut souvent apercevoir à l'œil nu, dans les unes, des irisations qui n'existent pas dans les autres. Si on les regarde normalement à travers le Nicol et la sélénite, il arrive fréquemment qu'en passant d'une partie à une partie voisine, les caractères du système d'anneaux se modifient complétement. Vous voici d'abord sur une section qui vous donne un point central obscur et un système d'anneaux correspondant; puis vous passez, par un point neutre, dans une autre section, et vous y trouvez un centre brillant, et chacun de vos anneaux remplacé par un nouvel anneau de teinte complémentaire. Quelquefois il se présente jusqu'à quatre de ces transformations dans un tube de 90 centimètres de longueur. Ces changements indiquent qu'en passant d'une partie à une autre, le plan de vibration de la lumière polarisée tourne brusquement d'un angle de 90 degrés, modification qui est due entièrement à la différence de texture de ces deux parties du nuage.

Vous voilà maintenant en état de comprendre, autant qu'on peut le faire, un très-beau phénomène qui, dans des circonstances favorables, peut être observé dans notre atmosphère. Voici un tube à expériences dans lequel on a fait pénétrer de la vapeur d'iodure d'allyle jusqu'à une pression de $0^{m},025$; puis on a achevé de le remplir avec de l'air qui avait barboté dans de l'acide chlorhydrique étendu d'eau. Par conséquent, outre la vapeur d'iodure d'allyle, nous avons dans le tube de la vapeur d'eau et du gaz chlorhydrique. On a fait agir la lumière sur ce mélange pendant un moment; un magnifique nuage bleu s'est formé. Comme je l'ai déjà dit, notre *nuage naissant* diffère complétement, par sa texture et par ses propriétés optiques, d'un nuage ordinaire; mais on peut précipiter la vapeur d'eau que contient le tube, de manière à lui faire constituer un nuage semblable à ceux de notre atmosphère. Ce nouveau et vrai nuage se précipite au milieu de l'azur du *nuage naissant*. Nous mettons en communication avec le tube à expériences un vase qui a sensiblement le tiers de sa capacité, et dans lequel on a fait le vide. Aussitôt le robinet ouvert, le mélange d'air et de vapeur passera du tube à expériences dans le vase vide; et, par l'effet du refroidissement dû à la dilatation, la vapeur qui était dans le tube tombera en masse comme un véritable nuage. Nous voilà prêts à faire l'expérience. Je regarde d'abord la couleur bleue, de manière à obtenir un système d'anneaux brillants avec un centre obscur. J'ouvre le robinet; l'air se dilate et le nuage se précipite. Immédiatement, le centre de mon système devient blanc, et la série entière des couleurs des anneaux, complémentaire. Pendant que je continue à observer le nuage, il se fond peu à peu, comme pourrait le faire un nuage atmosphérique dans l'azur du ciel. Et voici de même notre azur qui a persisté et qui reste derrière lui. Le nuage grossier semble se retirer comme un voile, le bleu reparaît; et notre premier système d'anneaux, avec son centre obscur, et ses cercles colorés correspondants, se montre une seconde fois.

Vous m'avez suivi avec patience et courage sur un terrain d'une extrême difficulté. Je crois, en guide prudent, qu'il sera bon de faire halte sur la hauteur à laquelle nous sommes maintenant parvenus. Nous pourrions monter encore, mais les chemins commencent à devenir par trop peu [praticables]. Un jour, je n'en doute point, il nous sera donn[é de] vaincre ces difficultés, et de nous élancer ensemble à la quête de régions encore plus escarpées.

John Tyndall.

— Traduit de l'anglais par le Dr René Benoît. —

COLLÉGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANIS[ÉS]

COURS DE M. MAREY (1)

III

Mécanisme du vol chez les insectes. — Comm[ent] se fait la propulsion.

Les leçons précédentes ont été consacrées à l'étude de [la fré]quence et de la forme des battements de l'aile chez l'in[secte]. Vous avez vu que la fréquence était variable d'un ani[mal à] l'autre, et qu'en allant du papillon, par exemple, à la m[ouche] ou au cousin, ces variations pouvaient être considérabl[es. Le] papillon vole lentement; ses coups d'aile, se succédant à [longs] intervalles, le font avancer par bonds et secousses : te[lle est] la raison de son vol irrégulier et capricieux. Le cousi[n] s'élance avec rapidité, droit au but, laissant derrière l[ui une] traînée sonore, un bruit net, aigu, strident. Entre ce[s] extrêmes on trouve tous les intermédiaires.

Il y a plus : prenez un même insecte, placez-le da[ns des] conditions différentes, et la rapidité de ses mouvemen[ts va]riera dans des limites étendues. Est-il libre de toute en[trave], ses mouvements sont rapides, précipités. Est-il mai[ntenu] captif, ils se ralentissent immédiatement.

Mais si la fréquence des mouvements de l'aile var[ie, sa] forme ne varie pas. Elle est universellement la même [: c'est] toujours une double boucle, un huit de chiffre. Que [cette] figure soit plus ou moins apparente, que ses branches [soient] plus ou moins égales, peu importe : elle existe, et un ex[amen] attentif ne pourra manquer de le révéler.

Avant de tirer de ce fait les conclusions qu'il com[porte], avant d'en faire sortir la solution du problème qui [nous] occupe, c'est-à-dire le mécanisme du vol, voyons rapid[ement] quel est l'état de la question, et à quel point l'ont am[enée] les auteurs qui l'ont traitée avant nous.

Sans remonter plus haut, nous trouvons dans l'ouvra[ge de] Borelli un chapitre consacré à l'étude du vol.

La première question qui le préoccupe est de savoir [quelle] force l'oiseau ou l'insecte doivent déployer pour se sout[enir et] se mouvoir dans l'espace. Il estime que cette force est én[orme,] qu'elle est, pour l'oiseau, plus de *dix mille fois* supérie[ure au] poids de son corps. Nous retrouverons cette exagératio[n dans] des ouvrages plus récents; nous verrons, à propos du v[ol des] oiseaux, l'académicien Navier tomber dans une erreu[r ana]logue, et, après lui, M. Babinet accorder, à son tou[r, aux] habitants de l'air, une puissance bien supérieure à celle [que leur] tiennent de la nature.

Cependant, à côté de ces erreurs, on trouve un grand

(1) Voyez ci-dessus, pages 61 et 171, 26 décembre 1868 et [fé]vrier 1869.

déés justes, confirmées depuis lors. Borelli sait bien
rincipal mouvement des ailes est un mouvement de
bas qui s'exécute dans un plan vertical, et il se de-
comment ce mouvement, qui, semble-t-il, ne devrait
'à élever l'animal ou à l'abaisser vers le sol, contribue
ins à la locomotion. Il faut pour cela que la pression
se change en une force horizontale, le soulèvement
translation. Les exemples de ces transformations sont
ts. Pressez contre un plan poli un corps taillé en bi-
coin de fer, je suppose : le coin va s'échapper en avant.
core ainsi que les enfants s'amusent à presser entre
igts des corps glissants, des noyaux de fruits, pour les
par cette pression à des distances souvent considé-

voyons donc poindre ici l'idée de la décomposition
es par un plan incliné, idée juste qui donne en
explication du vol des insectes et des oiseaux rameurs.
les insectes ont quatre ailes et non pas seulement
rôle de ces quatre organes est-il le même ? et, s'il ne
en quoi diffère-t-il ? Borelli ne traite pas cette ques-
la trouve discutée, dans un cas particulier, par un au-
onyme qui nous a laissé un manuscrit intéressant sur
urs des abeilles : cet ouvrage, destiné à compléter
riger les observations de Réaumur, provient de la
èque de la Condamine, et appartient à M. Hamet.
a observé les abeilles au moment où elles bourdon-
l'entrée de la ruche, essayant d'y pénétrer pour y
leur butin. En examinant les jeux de la lumière
les ailes frémissantes, il a cru voir que la paire supé-
ale s'abaissait et s'élevait alternativement, tandis
aire inférieure était animée d'un faible déplacement
al.

e, la question semble abandonnée ; et cependant
qu'elle présente est considérable. Outre l'importance
offrir, au point de vue de la curiosité scientifique, le
ne d'une fonction aussi répandue que la locomotion
un autre intérêt encore se rattache à ces études. L'in-
oiseau réalisent une des ambitions les plus ancien-
plus inutilement poursuivies par l'homme : l'espace
r leur appartient ; ils vont et viennent dans l'océan
ndis que la pesanteur l'enchaîne au sol. L'homme a
ien des moyens pour échapper à ce joug. La connais-
procédés par lesquels la nature atteint le but qu'elle
eût peut-être épargné bien des fausses tentatives,
de temps et d'imagination dépensés en pure perte !
, paraît un ouvrage où cette question de la loco-
rienne est traitée *ex professo*, et non plus d'une ma-
lente.
, le chevalier de Chabrier, étudie les conditions
é de l'aile, et répond à une question importante.
l'action musculaire se transmet-elle à cet organe
st-ce directement ou par des intermédiaires ? Le
pond Chabrier, ne s'attache pas directement sur
e levier qu'il doit mouvoir, — fait rare dans le règne
il agit sur la cambrure du dorsum : lorsqu'il se
cette cambrure se trouve augmentée ; lorsqu'il se re-
orsum retourne à sa courbure première, comme
débande. Dans le mouvement de l'aile, il n'y aurait
temps d'activité, le temps d'abaissement ; le temps
serait passif. L'élasticité jouerait donc un rôle im-
ns ce fonctionnement : ici, comme dans tous les
organes mécaniques, elle emmagasine, puis restitue la force ; elle règle la vitesse et donne au mouvement sa continuité.

Mais bientôt Chabrier se laisse entraîner à une exagération pareille à celle de Borelli et de Navier, quoique de sens contraire. D'après lui, il faudrait à l'insecte une force insignifiante pour se diriger dans l'espace : la plus minime propulsion y suffirait. Pour se soutenir dans le fluide aérien, aucun effort ne serait nécessaire ; l'animal y flotterait comme le ballon gonflé. Avant de prendre son essor, il remplit d'air la multitude de ses canaux respiratoires, et cet air, s'échauffant, enlève l'animal comme il enlève du sol une montgolfière.

Il n'est pas besoin de dire que cette conception de l'*insecte-aérostat* est une erreur. Sans doute, avant de s'essayer au vol, l'insecte fait provision d'air, le hanneton s'y prépare en respirant précipitamment ; mais cette provision d'air ne contribue que pour une part insignifiante au but que lui assigne Chabrier. La plus grande portion sert à mettre en état les organes du vol. Jurine (de Genève) en particulier, a montré que les nervures de ces membranes alaires, chez les insectes, sont des canalicules qui n'acquièrent leur rigidité et leur déploiement que par cette insufflation de gaz, préparation indispensable au vol.

Il faut arriver à un auteur contemporain, Strauss-Durckeim, pour trouver les éléments de la théorie à laquelle l'observation m'a conduit. Dans son livre de la *Théologie de la nature*, vaste chaos d'idées ingénieuses, profondes ou puériles, on trouve beaucoup de faits essentiels à la solution de ce problème.

Strauss-Durckeim a compris le type idéal de l'aile d'insecte, de l'aile schématique, c'est-à-dire réduite à ses parties essentielles.

Une nervure rigide en avant, un voile flexible en arrière, voilà tout l'appareil. Une membrane ainsi constituée sera propre au vol ; constituée différemment, elle y sera impropre, comme il arrive de cette fausse aile des phryganes qui a sa nervure en arrière. Il suffit qu'un voile pareil s'élève et s'abaisse successivement ; de lui-même il se dispose en plan incliné, et recevant obliquement la réaction de l'air, il transforme en force de translation une partie de l'impulsion verticale qu'il a reçue. Ces deux parties de l'aile sont d'ailleurs l'une et l'autre indispensables au même degré : leurs rôles respectifs se complètent pour aboutir à un résultat unique. Des expériences ingénieuses, dues à M. Girard, mirent ces faits en lumière. Détruisez la nervure antérieure en laissant subsister la membrane, l'insecte ne volera plus ; détruisez la flexibilité du voile en le couvrant d'un enduit gommeux, le vol cessera encore. Ici on ne peut objecter que la matière surajoutée agit par son poids, comme une charge qui alourdirait l'animal ; car, en suivant l'expérience, on verra bientôt l'enduit se dessécher, des craquelures s'y produiront, la flexibilité reparaîtra, et avec elle la possibilité du vol. Ces observations vous aideront à comprendre le rôle que jouent les ailes antérieures des phryganes : celles-ci constitueraient l'analogue de la nervure rigide, tandis que les ailes postérieures seraient le voile flexible [illegible] chez un
insecte, se compléteraient ainsi l' [illegible]

Je ne veux pas prolonger plus [illegible]
spective. Je la borne aux notions [illegible]
prédécesseurs, à celles dont n [illegible]
expériences antérieures, jointe [illegible]
effectuer sous vos yeux, me sem [illegible]

Les mouvements exécutés par l'insecte pendant le vol se bornent à une élévation et à un abaissement de l'aile. Il est vrai que, chez la plupart des insectes, il existe d'autres mouvements possibles : on voit les ailes se porter en arrière, et au repos s'étendre parallèlement à l'axe du corps. On voit aussi les insectes ramener leurs ailes d'arrière en avant comme préparation au vol. Mais ce ne sont pas là des mouvements directement utiles à la locomotion aérienne. La libellule, qui vole si rapidement, ne possède aucun de ces mouvements de latéralité ; ses ailes se meuvent exclusivement dans un plan vertical, comme si elles tournaient autour d'une charnière.

Mais nous avons vu que, par la *méthode optique*, on peut suivre le parcours de l'aile dans l'espace, en dorant l'extrémité de l'aile et en plaçant l'insecte dans un rayon de soleil. Or, ce parcours nous fournit l'apparence d'un huit de chiffre, et nous savons de plus que, pendant chaque révolution, l'aile change deux fois d'inclinaison.

Tous ces mouvements ne sont pas commandés directement par les muscles ; ils sont l'effet de la résistance de l'air agissant tour à tour sur la face inférieure et sur la face supérieure de l'aile dans ses mouvements alternatifs.

L'aile part de sa position limite supérieure ; elle ne penche encore ni d'un côté ni de l'autre, son plan est parallèle à la longueur de l'animal. Elle s'abaisse : la poussée de l'air s'exerce aussitôt ; la partie rigide, la nervure de l'avant, résiste avec facilité ; le voile qui lui succède, flexible comme il est, va céder ; entraîné par la nervure qui s'abaisse, soulevé par l'air qui le redresse, ce voile prendra une position intermédiaire ; il s'incline environ à 45°, plus ou moins, suivant les cas. L'aile continue son mouvement d'abaissement inclinée ainsi sur l'horizon. Dès lors la poussée de l'air qui continue son effet, et agit normalement à la surface qu'elle frappe, pourra se décomposer en deux forces, une force verticale, une force horizontale : la première servira à l'élèvement de l'animal, la seconde à sa translation.

Après ce premier temps, la membrane alaire sera arrivée au bas de sa course. Son mouvement va changer de direction, sa vitesse va changer de sens ; un moment de repos, moment infiniment court, séparera ces deux phases, pendant lequel l'aile reprendra sa position normale parallèle à l'axe du corps. La nervure va l'entraîner de nouveau, l'air résistera comme tout à l'heure, et de ce conflit résultera une position intermédiaire entre l'horizontale et la verticale, une position inclinée à 45°. Identique avec la première, elle la croise. Ce second temps contribue comme le premier à la locomotion.

Remarquez à combien peu de frais, et avec quelle simplicité d'appareils, le but est atteint.

La force horizontale qui s'engendre par l'inclinaison du plan alaire se transmet au corps de l'animal et contribue à le pousser en avant. Mais le corps de l'insecte ne prend pas instantanément le mouvement qui lui est imprimé, une partie de cette force a pour effet de courber la nervure de l'aile, qui, en même temps qu'elle s'abaisse, est poussée en avant. Voici une aile artificielle construite avec de grandes dimensions suivant le type que nous connaissons : une nervure antérieure, représentée par un bâton rigide ; un voile en arrière, constitué par un papier cartonné sur le bord. Essayez de l'abaisser droit devant vous, vous n'y parviendrez pas. Essayez de frapper perpendiculairement un objet à votre portée, vous allez être poussés par l'air et vous serez déviés bien loin du but que vous visez.

De ce mouvement de déviation de l'aile pendant qu'elle s'élève, du changement de plan qu'elle éprouve, résulte évidemment la figure en boucle qu'elle décrit. C'est la combinaison de ces mouvements qui engendre le huit de chiffre, comme, dans une verge de Wheatstone accordée à l'octave, la combinaison de deux vibrations latérales pour une vibration longitudinale engendre aussi un huit de chiffre. En résumé, les deux faits expérimentaux sont maintenant interprétés dans notre théorie.

On a observé une très-légère différence entre les deux faces de l'aile de certains insectes : la surface inférieure a moins de poli que l'autre ; elle est munie de rugosités, de poils, de piquants, qui, d'après Chabrier, donnent plus de prise à l'air et restreignent la perte de force due au glissement. Cette disposition peut contribuer à assurer la prédominance d'effet utile au premier temps sur le second, au mouvement d'abaissement sur le mouvement d'élévation. Du reste, cette prédominance de l'action de l'abaissement de l'aile n'existe pas chez tous les insectes, quelques-uns n'utilisent que la force qui tend à porter la nervure de l'aile du côté de la face antérieure du corps. Ceux-là, trouvant cette force aussi bien dans le temps d'élévation de l'aile que dans celui d'abaissement, orientent presque horizontalement le plan dans lequel leurs ailes se meuvent. Les nombreuses variétés que présente le mécanisme du vol suivant l'espèce d'insecte qu'on observe seront étudiées plus tard ; elles n'excluent pas les principes fondamentaux que je viens d'exposer.

Les conditions mécaniques que nous venons de passer en revue, je les ai réalisées dans un appareil schématique, et j'ai obtenu les mêmes effets que l'insecte en retire. J'ai construit un *insecte artificiel*, représenté fig. 19. Imaginons deux ailes artificielles aussi égales que possible, insérées l'une et l'autre sur un de ces petits tambours que je vous ai décrits bien souvent. Elles reçoivent par ce tambour des mouvements d'élévation et d'abaissement absolument synchrones. Cet ensemble est fixé à l'extrémité d'un rayon équilibré par un contre-poids et peut tourner autour d'un pivot. Ce rayon est creux intérieurement, et il fournit ainsi un canal par lequel l'effet d'une soufflerie pourra se transmettre au tambour moteur des ailes. Nous pourrons considérer le tambour comme représentant le corps de l'insecte, et rien ne m'aurait empêché de lui en donner réellement la forme. Les nervures rigides munies de membranes flexibles disposées à droite et à gauche seront les deux ailes, et l'animal, au lieu d'être libre, serait fixé à l'extrémité d'une baguette mobile : il n'aurait donc qu'un seul mouvement possible, ce serait de tourner autour du pivot en entraînant la baguette qui l'y attache. Effectivement, si je mets la soufflerie en activité, mon insecte artificiel se déplacera, il agitera ses ailes et volera réellement. A chaque battement, il y aura un changement de plan de la membrane alaire ; à chaque battement, la pointe décrira un huit de chiffre, et, d'une façon générale, cet animal schématique, cet insecte artificiel reproduira toutes les particularités que l'observation des insectes véritables nous a dévoilées.

Cet appareil nous présentera encore bien d'autres avantages que celui de vérifier les idées théoriques : il nous permettra des expériences nouvelles auxquelles les êtres vivants ne sauraient se prêter. Nous pourrons changer une des conditions, par exemple la forme des ailes, ou leur étendue, ou la rapidité du battement, ou telle autre circonstance que ce soit,

en laissant toutes les autres constantes; nous connaîtrons ainsi l'influence que chacune d'elles isolément peut avoir sur le mécanisme du vol.

C'est par des expériences de ce genre que nous pourrons nous assurer du fait suivant :

Dans le parcours de l'aile, il n'y a qu'une région utile à la propulsion de l'insecte, c'est la région moyenne. Dans les deux parties extrêmes, l'aile n'a pas encore éprouvé le changement de plan qui rendra son action efficace. Aussi voit-on, si l'on diminue l'amplitude des mouvements de l'aile, que l'effort de traction produit par l'appareil diminue considérablement, et finit par cesser entièrement.

Si le voile membraneux présente une trop grande largeur, on voit se produire un autre phénomène. Le bord postérieur de l'aile reste presque immobile dans l'espace, surtout dans les mouvements de faible amplitude; la nervure seule est animée de mouvements rapides. L'air se trouve alors frappé par des plans inclinés de sens contraire à ceux qui agissent dans le vol normal; aussi voit-on l'appareil rétrograder et tourner autour de son pivot, en sens inverse à celui de son mouvement ordinaire.

Le schéma du vol montre encore l'utilité de certaines formes d'ailes pour obtenir le mouvement de translation le plus rapide possible. Ce sont précisément les formes qu'on trouve dans la nature. La nervure, chez les insectes, ne porte pas dès son origine le voile membraneux. Les portions voisines de l'articulation ont une très-faible vitesse ; elles concourraient donc fort peu à un bon résultat, elles embarrasseraient les parties voisines sans compensation d'aucune sorte. La membrane ne doit apparaître que lorsque la vitesse elle-même apparaît à un degré suffisant. Enfin, on peut déterminer expérimentalement l'étendue que doivent avoir les surfaces alaires pour utiliser le mieux possible la force disponible.

M. de Lucy a comparé chez un certain nombre d'animaux les surfaces des ailes au poids du corps tout entier. Il trouve une étendue de 30 millimètres carrés chez un cousin pesant 3 milligrammes ; 1663 millimètres carrés chez un papillon pesant 20 centigrammes ; 750 centimètres carrés chez un pigeon pesant 290 grammes; 4506 centimètres carrés chez une cigogne pesant 2265 grammes; 8543 centimètres carrés chez une grue d'Australie pesant 9500 grammes. Mais, pour faciliter les comparaisons, il faut ramener ces chiffres à une commune mesure ; et, malgré les locutions barbares auxquelles nous serons conduit, nous dirons :

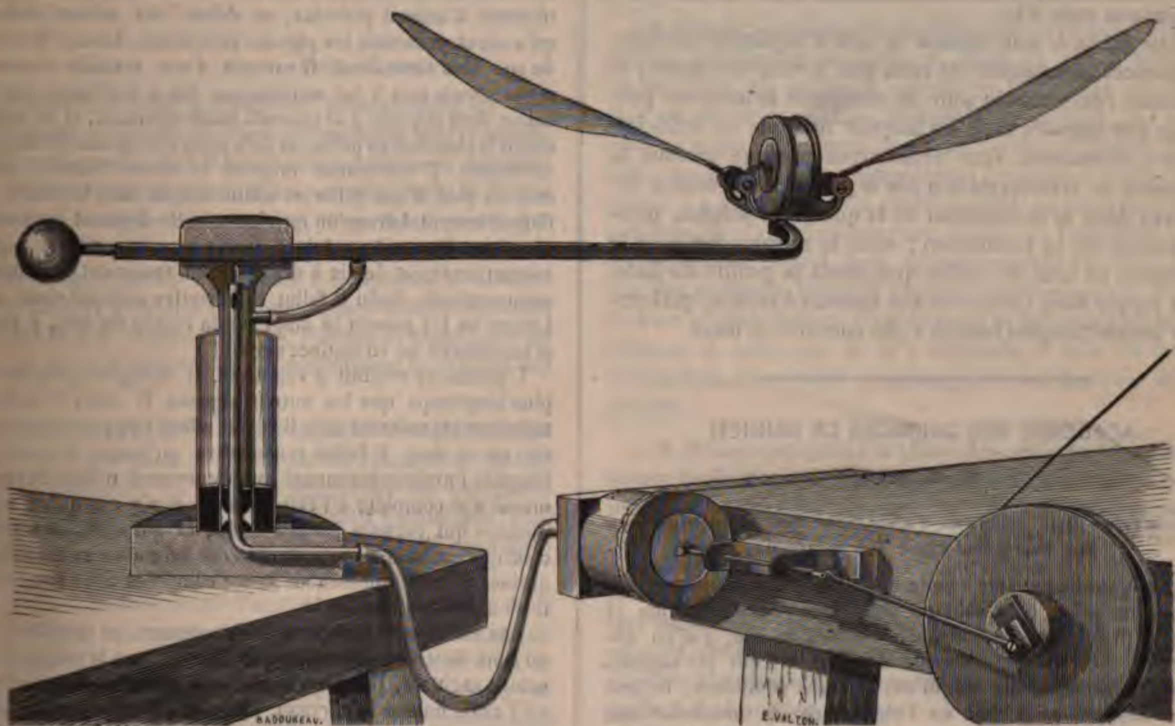


Fig. 19, représentant l'*insecte artificiel* ou schéma du vol des insectes.

Une pompe à air, mue par un appareil rotatif, foule et aspire alternativement l'air d'un tube qui traverse le pivot central de l'appareil, où une sorte de gazomètre à mercure forme une occlusion hermétique, tout en permettant la libre rotation du système équilibré. La branche horizontale est creuse et conduit l'air dans l'appareil, qui est fermé d'un tambour métallique creux, dont les deux faces circulaires sont fermées par deux membranes de caoutchouc. Par le jeu de la pompe, ces deux membranes se gonflent ou s'affaissent toutes deux ensemble ; elles communiquent par deux leviers coudés des mouvements d'élévation et d'abaissement rapides aux deux ailes. Celles-ci, réalisant les conditions d'inégale flexibilité que présente une aile d'insecte, décomposent la résistance de l'air et impriment à l'appareil un mouvement rapide de rotation autour du pivot central.

			Mètres carrés.
Le kilogramme de	cousin.........	représente	10
—	papillon	—	8,3
—	pigeon.	—	2,586
—	cigogne........	—	1,988
—	grue d'Australie.	—	0,899

L'étendue des ailes n'est donc pas proportionnée à la taille de l'animal. Une aile étant donnée, une vitesse maximum de battement y correspond. Augmenter la rapidité du battement dans l'espoir d'accélérer indéfiniment la rapidité du vol, serait une illusion : cela est possible jusqu'à un certain degré ; mais

au delà de cette limite maximum, ce deviendrait inutile. Augmentons progressivement la vitesse de la soufflerie, les battements d'ailes vont se précipiter, et d'abord la vitesse du vol sera augmentée. Continuons cette progression, la rapidité diminue, le mouvement se ralentit. L'amplitude du mouvement éprouve une réduction considérable, telle que, à la limite, les ailes paraissent immobiles, animées seulement d'un léger frémissement. Le mouvement, qui s'était ralenti, a maintenant cessé complétement. Dépassons cette limite extrême, l'appareil rétrograde. Une aile déterminée comporte donc une vitesse de battements fixée d'avance; car, par l'effet de l'inertie, la fréquence des battements ne s'exagère qu'aux dépens de son amplitude, et, lorsque l'amplitude diminue, la force d'impulsion diminue avec elle.

Je vous laisse à vous-mêmes le soin d'expliquer ces faits, conséquences très-simples de ceux que je vous ai exposés; je vous laisse également le soin de comparer le mode de progression des insectes avec les moyens naturels ou artificiels que vous connaissez. Vous retrouverez presque partout le mécanisme de transformation *par le plan incliné*: vous le retrouverez dans le mouvement de la queue du poisson, principal organe de sa locomotion; vous le retrouverez dans le mouvement en huit de chiffre que décrit la godille du batelier, et jusque dans l'hélice de nos bateaux à vapeur, qui fonctionne comme un plan incliné à jeu continu. — Dastre.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE MUNICH

M. C. VOIT

Phénomènes qui suivent l'ablation des hémisphères du cerveau chez les pigeons

Je pratique chaque année cette opération pour démontrer aux étudiants les effets de l'ablation des hémisphères. Comme je réussis à maintenir longtemps les animaux en vie, j'ai pu observer des phénomènes différents de ceux qui ont été signalés par les expérimentateurs qui m'ont précédé. D'ailleurs, le professeur Bischoff avait déjà eu l'obligeance de présenter aux membres de la classe des sciences physiques et mathématiques l'un des animaux en question, et avait rédigé une note à ce sujet.

Immédiatement après cette opération, les animaux tombent toujours dans un état somnolent; ils cachent la tête sous leurs ailes et demeurent immobiles, les yeux fermés. Ce n'est là, toutefois, que le premier effet de la profonde atteinte qui leur a été portée; car, au bout de quelques semaines, ils sortent de cet état de somnolence, relèvent la tête, ouvrent les yeux, marchent et voltigent même spontanément. Il est certain qu'à ce moment, ces animaux voient, entendent et perçoivent des sensations; aussi est-il difficile de les distinguer des animaux de la même espèce, apprivoisés et indemnes de toute lésion. La principale différence consiste en ce que les premiers ne mangent pas d'eux-mêmes et qu'ils se laisseraient mourir de faim sur un monceau d'aliments. Ils ne connaissent plus la peur, ils passent par-dessus des lapins qu'on met dans leur cage; tandis que les pigeons à l'état normal sont craintifs dans ces circonstances et restent blottis dans un coin. Ils peuvent, par leur roucoulement, manifester un vif instinct sexuel, mais ils ne le satisfont pas lorsqu'on les met en présence d'animaux d'un autre sexe.

On pourrait donc avancer, d'après ces observations, que les pigeons privés de cerveau conservent la perception, voient des images, entendent des sons, mais qu'ils ne s'en forment aucune idée. Toutefois, lorsqu'on voit un pigeon ainsi mutilé éviter soigneusement les obstacles, voler et se percher sur des supports étroits ou sur d'autres objets sans les heurter, lorsqu'on les voit fuir la main qui veut les saisir, il faut bien voir dans tout cela une image de la perception (*sinneswahrnehmung*) originelle.

Ces animaux présentent souvent des phénomènes tout à fait surprenants; s'ils viennent à exécuter un certain mouvement, ils le continuent mécaniquement pendant un temps prolongé. C'est ainsi que j'ai vu un de ces pigeons frapper par hasard avec son bec une bobine de bois suspendue au loquet d'une porte. Cette bobine exécutait un mouvement d'oscillation, et, en revenant, elle frappait le bec de l'animal, qui la remettait de nouveau en mouvement. Ce jeu durait depuis plus d'une heure, et je dus y mettre fin.

Au mois de décembre dernier, je fis l'ablation des deux hémisphères à un jeune pigeon. J'ai la certitude que l'opération avait été complète, que j'avais enlevé en totalité les lobes postérieurs. L'animal présenta, au début, les mêmes phénomènes qu'avaient présentés les pigeons précédents. Lorsqu'il fut réveillé de son état somnolent, il exécuta d'une manière continue des mouvements tout à fait mécaniques. Ainsi il s'élança hors de la caisse dans laquelle il se trouvait habituellement, et se mit à parcourir la chambre en piétinant fortement et avec une vitesse toujours croissante. Il parcourait toujours le même chemin, faisant le tour du pied d'une table et allant ensuite dans le même coin de l'appartement. Lorsqu'on ouvrit une porte donnant dans une autre chambre, il se mit soudain à courir avec une vitesse accélérée, suivant un trajet de six à dix pieds, et repassant toujours par le même endroit. Enfin il fallut le remettre exténué dans sa cage. Lorsqu'on lui passait le doigt sur la racine du bec, il roucoulait et manifestait un vif instinct sexuel.

L'animal se rétablit à vue d'œil. Il voltigeait plus souvent et plus longtemps que les autres pigeons. Il cessa d'exécuter des mouvements mécaniques; il fuyait effaré lorsqu'on voulait le saisir; en un mot, il fallait reconnaître qu'aucun des pigeons sur lesquels j'avais expérimenté antérieurement n'était revenu d'une manière si complète à l'état normal. Il n'y eut qu'un seul phénomène qui persista jusqu'à la fin, et qui était caractéristique, c'est que cet animal ne prenait pas de lui-même sa nourriture. Les graines qu'on lui présentait furent comptées avec soin, et jamais il n'en manqua une seule.

Las enfin de l'observer plus longtemps, je sacrifiai ce pigeon au bout de cinq mois. Lorsque j'eus ouvert le crâne, suivant la suture sagittale, je trouvai une masse blanche, occupant la place où j'avais enlevé le cerveau. Chez les pigeons que j'avais opérés antérieurement, cet espace était rempli d'un exsudat devenu fibreux, ou d'un liquide séreux, ou bien enfin le cervelet était passé en avant et la voûte du crâne s'était déprimée. Ici, les choses étaient toutes différentes. La masse blanche avait complétement l'aspect et la consistance de la substance blanche du cerveau; elle présentait une fusion continue et insensible avec les pédoncules cérébraux, qui n'avaient pas été enlevés. Cette même masse blanche présentait la forme de deux hémisphères, dans chacun desquels on voyait une petite cavité remplie d'un liquide, et entre eux se trouvait un septum. Mais ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est que la masse tout entière consistait en fibres primitives parfaites à double contour, et qu'on y trouvait aussi dans sa trame, des cellules ganglionnaires manifestes, ce dont a pu se convaincre également M. le docteur Kollmann.

Ce cas est le premier qui ait présenté une régénération de la masse cérébrale avec rétablissement de son activité; car je ne puis interpréter que de cette manière la guérison si surprenante de cet animal, tellement complète qu'il n'était guère possible de le distinguer d'un autre à l'état normal.

C. Voit,
Professeur à l'université de Munich.

— Traduit de l'allemand par le Dr Rabuteau. —

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
[C]OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[...]ÈME ANNÉE NUMÉRO 17 27 MARS 1869

Paris, 26 mars 1869.

[...]sentations pour la chaire de paléontologie du Mu[...]istoire naturelle viennent d'être faites par l'assem[...]professeurs et par l'Académie des sciences. Les pro[...]u Muséum ont présenté, en première ligne M. Lartet [...]econde ligne M. A. Gaudry, tous deux paraît-il à [...]ité. A l'Académie des sciences, M. Lartet a été placé [...]ère ligne par 40 voix contre 7 données à M. A. Gau[...]. Gaudry a obtenu la seconde place avec 39 suffrages [...]ants. MM. Deslongchamps, Fischer et Pomel ont eu [...]ne voix; 3 billets blancs complétaient le nombre des

[...]e rigoureux qui vient de frapper M. Georges Pouchet [...] de toutes parts des marques de sympathie. On es[...]sa révocation ne sera pas maintenue ou du moins [...]endra une compensation; il paraît même que plu[...]s professeurs du Muséum, sinon tous, ont manifesté [...]le l'appuyer.

[...]s les considérants de l'arrêté ministériel, que nous [...]roduits la semaine dernière, on pourrait croire que [...]rincipal de l'article de M. Georges Pouchet était de [...]les professeurs du Muséum. En réalité, ce n'était là [...]cessoire. M. Georges Pouchet attaquait l'introduction [...]ignement agricole et blâmait les nouveaux program[...] imposent des leçons d'école primaire aux représen[...]plus élevés de la science pure.

[...]hancel, professeur à la Faculté des sciences de Mont[...] envoyé à l'Académie des sciences de nouvelles re[...] sur l'alcool propylique de fermentation dont il in[...]i-même l'objet dans les termes suivants :

[...] un mémoire publié en 1853, j'ai signalé la présence [...]uvel alcool, l'alcool propylique, dans les résidus de la [...]on des esprits de marc. J'ai caractérisé ce corps par [...]osition et par la densité de sa vapeur, par ses princi[...]opriétés et par la nature de ses dérivés. Par là, j'ai [...]u'il formait le troisième terme de la série homologue [...]ols correspondant aux acides gras, et qu'il venait pren[...]e entre l'alcool ordinaire et l'alcool butylique décou[...] 1852, par M. Wurtz.

[...]efois, depuis qu'il a été démontré que l'alcool dont [...]clot avait fait la synthèse en partant du propylène [...]ntique avec l'alcool isopropylique de M. Friedel, des [...]e sont élevés dans l'esprit des chimistes sur la vérita[...]re de l'alcool que j'ai fait connaître. J'avais donc in[...]eprendre cette question et à la compléter par une [...]us approfondie.

» M. Friedel a fait ressortir la différence profonde qui existe, comme constitution moléculaire, entre un alcool normal et un iso-alcool. Ce savant a nettement établi que ce dernier était un alcool secondaire, incapable de donner, par oxydation, un acide renfermant le même nombre d'atomes de carbone, mais régénérant simplement l'acétone à l'aide de laquelle il a été produit. Un alcool normal, au contraire, donne toujours, dans ces circonstances, l'acide ou l'aldéhyde qui lui correspondent. Il faut donc nécessairement recourir à l'action des oxydants, lorsqu'il s'agit de caractériser un alcool et de fixer sa constitution. C'est ce que j'ai fait pour l'alcool propylique, et, ainsi que je m'y attendais, il m'a été facile de le transformer en acide propionique et en hydrure de propionyle. »

— M. Henry a présenté à la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique la continuation des recherches qu'il a entreprises sur les sulfocyanures des radicaux alcooliques. Dans le but de réaliser un sulfocyanure pouvant, suivant l'auteur, être rapporté avec certitude au type H^2S, il a essayé de remplacer par du cyanogène l'hydrogène typique de l'éthylsulfure de mercure. Dans l'espoir d'arriver à ce résultat, il a fait réagir à chaud sur ce dernier corps l'iodure de cyanogène en solution alcoolique. Du cyanogène est devenu libre et il s'est produit du bisulfure d'éthyle. L'iodure de cyanogène se conduit donc comme l'iode libre. On sait, en effet, par les travaux de MM. Kekulé et Linnemann, que l'iode transforme l'éthylsulfure sodique en bisulfure éthylique et en iodure métallique. M. Henry a été plus heureux pour d'autres sulfocyanures. Ainsi, par l'action d'une solution alcoolique de sulfocyanure de potassium sur l'iodure d'isopropyle et sur l'isotribromhydrine, il a obtenu le sulfocyanure d'isopropyle et le trisulfocyanure allylique, corps solide, très-stable, parfaitement défini et qui est le premier sulfocyanure triatomique connu. Il est également parvenu à produire le sulfocyanure benzylique en faisant réagir le chlorure de benzyle sur le sulfocyanure de potassium dissous. Ce composé benzylique possède les propriétés communes aux sulfocyanures organiques. Deux isomères du sulfocyanure benzylique sont déjà connus; mais le corps découvert par M. Henry se distingue par des propriétés parfaitement tranchées, qui permettent d'affirmer l'existence de ce sulfocyanure.

— M. R. Owen, l'illustre naturaliste anglais, assistait la semaine dernière à la séance de notre Académie des sciences, dont il est associé étranger. Il vient d'accompagner le prince de Galles dans son voyage sur les bords du canal de Suez. L'infatigable savant a profité de cette occasion pour exécuter diverses recherches sur la géologie du désert d'Égypte.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

V

Les agents anesthésiques considérés comme moyens contentifs physiologiques

Nous entrons aujourd'hui tout à fait dans nos études sur la technique expérimentale. Nous réunissons sous ce titre l'examen critique des divers modes généraux d'expérimentation, qui peuvent s'appliquer à des cas très-variés et se modifient évidemment dans une certaine mesure suivant l'ordre de recherches dans lequel on les applique, mais qui n'en conservent pas moins toujours certains caractères constants, et par suite certaines règles également constantes. C'est là, si l'on veut, ce qu'on pourrait appeler des expériences générales. Pour aborder la physiologie avec plus de chances de succès, pour profiter des moyens que les progrès de la science ont mis à notre disposition, il faut d'abord bien connaître ces expériences générales qu'on applique ensuite dans une foule de cas particuliers, en les variant suivant l'exigence de chaque cas.

La première chose qui se présentait à nous dans cet ordre d'idées, c'était l'objet même sur lequel nous devions expérimenter. Or, nous avons vu que, les sujets des expériences physiologiques étant des êtres vivants, — c'est-à-dire très-mobiles et doués d'une spontanéité qui les fait résister aux expériences qu'on veut tenter sur eux, — il en résulte une première difficulté qui ne se présente pas dans les sciences physico-chimiques, celle de se prémunir contre les mouvements des êtres sur lesquels on expérimente pour les empêcher de blesser l'opérateur. Il faut donc les maintenir dans des conditions qui rendent possible l'exécution des diverses opérations ou observations qu'on veut exécuter sur eux. Tel est le but général des moyens contentifs.

Nous avons examiné rapidement, à la fin de la dernière leçon, les moyens contentifs mécaniques le plus ordinairement employés pour se rendre maître des animaux et les immobiliser pendant la durée des expériences. Il serait inutile d'insister longtemps sur ce point. Il suffit de voir les appareils contentifs et de connaître les circonstances dans lesquelles il faut s'en servir; le simple bon sens et la pratique journalière indiquent bientôt quels sont les meilleurs moyens à employer dans chaque cas.

Pendant longtemps les physiologistes n'ont eu à leur disposition, pour contenir les animaux, que des moyens mécaniques, qui n'atteignent jamais leur but que d'une façon fort incomplète. Aujourd'hui nous pouvons employer des moyens d'un autre ordre, et beaucoup plus puissants: ce sont des moyens contentifs véritablement physiologiques, consistant à soumettre les animaux sur lesquels on opère à l'action de certaines substances qui les immobilisent beaucoup mieux que ne pourraient le faire les plus ingénieux moyens mécaniques, et qui suppriment la douleur ou la diminuent d'une façon très-considérable. Ce dernier avantage est fort important, non-seulement parce qu'il est de nature à calmer les scrupules de ceux qui blâment les vivisections, mais aussi au point de vue de l'expérience elle-même, parce que la douleur entraîne des troubles organiques qui peuvent troubler certains résultats des expériences.

Tous les physiologistes emploient aujourd'hui ces moyens de contention perfectionnés, qui ont donné à l'expérimentation sur les animaux des facilités d'exécution considérables. Mais, d'un autre côté, il est clair qu'en soumettant les animaux expérimentés à l'action de substances qui suppriment leur sensibilité et leurs mouvements, on introduit dans l'organisme des conditions toutes nouvelles qui peuvent modifier d'une manière profonde le jeu des diverses fonctions vitales, et qui exposeraient ainsi les expérimentateurs aux causes d'erreurs les plus graves, s'ils n'y prenaient garde. Il faut donc déterminer avec soin le mode d'action de la substance qu'on emploie comme moyen contentif physiologique, et suivre l'influence qu'elle peut exercer sur les différentes fonctions de l'organisme, afin d'en tenir compte dans l'interprétation des résultats de l'expérience.

L'introduction des moyens contentifs physiologiques est encore toute récente: ma carrière scientifique a commencé dans un temps où l'on n'avait encore que des moyens mécaniques; puis j'ai employé les moyens contentifs physiologiques. J'ai donc eu occasion de répéter les mêmes expériences dans les deux cas différents, et de juger ainsi comparativement les résultats des deux ordres de procédés. Je crois que c'est là une circonstance favorable pour apprécier l'emploi des moyens contentifs physiologiques, soit au point de vue des commodités qu'ils apportent à l'expérimentation, soit surtout au point de vue des troubles qu'ils introduisent dans l'organisme, et, par suite, des modifications qui peuvent en être la conséquence dans les résultats de chaque expérience physiologique.

On appelle *anesthésiques* (α privatif, et αἴσθησις, sensibilité) les substances qui suppriment la sensibilité, la faculté d'éprouver de la douleur, qui amènent ainsi la résolution des membres, et par suite l'immobilité des animaux, qu'elles plongent dans une sorte de sommeil. Ce sont ces substances qui peuvent nous servir de moyens contentifs physiologiques.

La chirurgie emploie les agents anesthésiques comme la physiologie, et c'est même elle qui les a employés la première. Nous n'avons fait qu'emprunter aux chirurgiens un procédé qu'ils avaient vulgarisé et dont nous pouvions tirer profit à notre tour. Mais la chirurgie et la physiologie ne se proposent pas tout à fait le même but dans l'emploi des agents anesthésiques. La chirurgie y cherche avant tout un moyen d'épargner la douleur aux patients, quoiqu'elle profite aussi des facilités que donnent l'insensibilité et la résolution des muscles.

En physiologie, au contraire, on ne se propose pas seulement d'obtenir l'anesthésie proprement dite, c'est-à-dire de soustraire l'animal expérimenté aux conséquences douloureuses des vivisections qu'on lui fait subir; on veut surtout trouver un moyen contentif et immobiliser l'animal pendant la durée de l'expérience. Tel est le but principal. Aussi, à côté des agents anesthésiques proprement dits, étudierons-nous les narcotiques, surtout les alcaloïdes de l'opium. Sans doute les narcotiques, la morphine par exemple, ne suppriment pas complétement la sensibilité à la douleur;

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155 et 194, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février 1869, et les numéros indiqués à la note de renvoi page 98.

ls l'émoussent cependant beaucoup, et ils plongent les ux dans un sommeil léthargique pendant lequel on ratiquer sur eux des opérations douloureuses sans qu'ils nt trop ni cherchent à s'échapper. Enfin, nous étudie- ıssi le curare, qui ne supprime pas du tout la sensibi- ıais qui rend tout mouvement impossible, et qui est n puissant moyen purement contentif (1).

hloroforme et l'éther sont les seuls anesthésiques usités ı pratique chirurgicale ou physiologique, et nous ne parlerons par conséquent que de ces deux substances, les autres ne paraissant d'ailleurs avoir sur eux aucun avantage, au moins au point de vue de la physiologie expérimentale.

L'éther et le chloroforme présentent la plus grande analogie dans leur action physiologique; il ne paraît y avoir entre eux, sous ce rapport, qu'une simple différence de degré, l'action anesthésique du chloroforme étant bien plus rapide et plus complète que celle de l'éther. Nous emploierons donc presque toujours le chloroforme, soit plus tard pour nos ex-

.'usage des agents anesthésiques, comme nous venons de le ıt très-nouveau en chirurgie et plus encore en physiologie expé- le. Il ne remonte, en effet, qu'à une vingtaine d'années. J'en- n usage méthodique et raisonné; car les chirurgiens s'étaient, temps, préoccupés de supprimer ou de diminuer la douleur chez ıdes qu'ils opéraient. Dès la plus haute antiquité, on avait livers procédés pour atteindre ce but. Mais aucun des moyens ı, même à une époque récente, ne s'était beaucoup répandu et rrivé à établir d'une manière claire son efficacité réelle. Aussi rt de ceux qui n'étaient pas tombés promptement dans l'oubli l-ils plutôt pour des recettes de charlatans que pour des pro- ritablement médicaux.

:hez les Assyriens, il paraît qu'il était d'usage de comprimer ıaux du cou chez les enfants qu'on voulait circoncire, afin de e insensibles à l'opération. Il est probable qu'on opérait cette ion au moyen d'une ligature embrassant le cou tout entier, et agissant à la fois sur les troncs nerveux et sur les vaisseaux. tique, qu'on retrouve encore en Europe au moyen âge, a sou- ıcoup de controverses à cette époque, et elle a même donné ı les temps modernes, à un certain nombre d'expériences dont ats sont restés contradictoires.

n du siècle dernier (en 1784), un chirurgien anglais, James ıaya d'établir une méthode anesthésique fondée sur la com- des nerfs. Il déclare qu'il parvint à obtenir une insensibilité du membre postérieur à l'aide d'un double compresseur dis- le trajet du nerf sciatique et du nerf crural; il décrit même utation de jambe qu'il pratiqua dans ces conditions sans que le ıa aucun signe de douleur. Ce procédé fit d'abord beau- bruit en Angleterre; mais on l'oublia bientôt. Cependant il a le chez nous, en 1837, à la veille de l'avénement des anesthé- par M. Liégeard, mais toutefois avec une modification très- au lieu de comprimer seulement les troncs nerveux, M. Liégeard t une compression circulaire du membre tout entier, de sorte ı compression agissait tout aussi bien sur les vaisseaux que sur

ıinois n'ignoraient pas non plus l'usage des agents anesthé- En effet, M. Stanislas Julien a communiqué à l'Académie des de Paris (*Comptes rendus*, t. XXVIII, p. 198) la traduction ument d'où il résulte qu'ils employaient, il y a deux mille ans ı plante de la famille des urticées pour rendre les malades in- à l'opération de l'acupuncture, très-fréquente dans ce pays.

es Grecs et chez les Romains, Dioscoride et Pline mentionnent 'e *de Memphis* qui, broyée dans du vinaigre, avait la propriété ı insensibles les membres qu'on voulait opérer. M. Littré sup- cette « pierre de Memphis » était tout simplement une espèce e (carbonate de chaux) portant le nom de son lieu d'origine. on du vinaigre sur ce marbre devait produire un dégagement ırbonique, et l'on sait en effet aujourd'hui, par des recherches ré- ue l'acide carbonique est capable de produire dans une certaine ne anesthésie locale. Dioscoride cite également la mandragore, alors employée comme agent anesthésique dans les opérations ıles et qui conserva longtemps sa réputation, car on s'en ser- re à la fin du XVI[e] siècle, comme le constate Bodin (*Démono- s sorciers*, in-12, 1598, p. 247).

yen âge, un chirurgien de l'école de Bologne, Théodoric, en- ıes malades, avant de les opérer, en leur faisant respirer un dont la recette assez compliquée nous a été conservée par ıape dans sa traduction française du *Guidon* de Gui de Chau- *uidon en françoys*, 1538, p. 258). On y voit figurer notam- ;ôté du suc de beaucoup de plantes, la mandragore et l'opium. paration resta longtemps usitée, comme le prouve la mention Jehan Canape, bien postérieur à Théodoric.

dans sa *Magie naturelle*, parle d'une substance somnifère ıe l'on conservait hermétiquement renfermée dans des vases de plomb, faute de quoi elle perdrait ses vertus en s'évaporant, et avec laquelle on pouvait plonger une personne dans le sommeil le plus profond en plaçant sous ses narines le vase qui la contenait. Pesta ne nous dit pas quelle était cette substance; mais nous savons que l'on connaissait au moyen âge diverses préparations propres à donner de l'alcool concentré : il se pourrait donc que Pesta fît allusion à l'alcool ou peut-être même à une préparation éthérée.

En 1781, Sassard, chirurgien de l'hôpital de la Charité de Paris, proposa (*Journal de physique*) de donner des préparations narcotiques aux malades qui devaient subir des opérations chirurgicales; il se préoccupait moins de la douleur du patient que de l'ébranlement nerveux provoqué d'ordinaire par les grandes opérations, et qui peut souvent avoir des conséquences funestes. Mais l'idée fut reprise plus tard, au point de vue de la suppression de la douleur.

Hermann Demme, chirurgien de Berne, pratiqua une désarticulation coxo-fémorale chez une femme narcotisée par l'opium, qui ne poussa qu'un seul cri, et resta endormie pendant toute la durée de cette opération si douloureuse. (Courty, *Thèse de concours*. Montpellier, 1849, p. 17.)

Vers l'époque où l'éthérisation fut découverte, Gerdy, chirurgien de la Charité de Paris, employa aussi l'opium dans un assez grand nombre de cas, pour diminuer la douleur des opérations chirurgicales.

En 1795, un médecin et chimiste anglais nommé Beddoes, qui s'était fait le promoteur des inhalations gazeuses pour le traitement d'un certain nombre de maladies, avait établi aux environs de Bristol une institution pneumatique (*Medical pneumatic Institution*), où l'on recevait des malades pour les soumettre aux inhalations des divers gaz ou airs artificiels (*factitious airs*) que la chimie venait de découvrir, et quelquefois aussi des gaz plus anciennement connus. Humphry Davy, alors tout jeune, fut placé à la tête du laboratoire pour préparer les gaz et observer leurs effets sur l'organisme.

Davy remarqua bientôt que les inhalations de protoxyde d'azote, prolongées pendant quelques minutes, provoquaient une sorte de rire convulsif accompagné de divers autres phénomènes curieux, ce qui lui fit donner à ce corps le nom de *gaz hilarant*. Il soupçonna que ce gaz pourrait bien exercer aussi une certaine action sur la sensibilité, et crut remarquer en effet que, dans un cas donné, il avait suspendu la douleur produite par une opération sur une dent. Davy publia ses observations en 1799 (*Researches chemical on the gazeous Oxyd of Azote*), constata que le protoxyde d'azote semblait avoir la propriété de détruire la douleur, et émit l'idée qu'on pourrait peut-être l'employer avec avantage dans les opérations chirurgicales qui ne s'accompagnent pas d'une grande effusion de sang.

Les expériences de Humphry Davy parurent curieuses, et elles furent fréquemment répétées, surtout à titre d'amusement, soit en Angleterre, soit même sur le continent. Mais elles ne donnèrent point toujours, tant s'en faut, les résultats qu'il avait observés; on éprouva souvent des effets nuls ou très-variables, et, comme ces inhalations entraînèrent, dans plusieurs cas, des conséquences fâcheuses pour ceux qui les avaient subies, on y renonça bientôt.

Mais il paraîtrait, d'après une tradition encore existante aujourd'hui en Angleterre, que l'Institution pneumatique de Beddoes et les expériences d'Humphry Davy laissèrent après elles, — chez les personnes qui avaient à leur disposition des substances chimiques, comme les étudiants ou les élèves pharmaciens, — l'habitude de se soumettre à l'inhalation de divers gaz ou liquides volatils pour se procurer l'amusement d'en ressentir les effets plus ou moins curieux. Il paraîtrait même qu'on en arriva bientôt à respirer ainsi les vapeurs d'éther sulfurique ou éther ordinaire de préférence à tout autre corps. Mais la manière dont se faisaient ces observations empêchait de les considérer d'une manière sérieuse, et ne laissait pas naître l'idée de chercher à les utiliser en les appliquant aux opérations chirurgicales.

D'un autre côté, il s'était produit accidentellement un certain nombre de faits qui avaient mis en évidence les propriétés anesthésiques de

périences de tout genre, soit dès maintenant pour démontrer les effets et le mécanisme de l'anesthésie. Mais, bien qu'en général nous parlions spécialement du chloroforme, il faudra étendre à l'éther ce que nous dirons de cette substance, en tenant compte toutefois de la différence de ces deux substances au point de vue de leur intensité d'action physiologique.

L'action anesthésique de l'éther est très-générale, car cette substance supprime la sensibilité, non-seulement chez l'homme et chez les animaux, mais aussi chez les végétaux, en tant du moins que les végétaux sont sensibles ou paraissent l'être. Ainsi, quoique les plantes, en général, ne soient pas douées de mouvements propres et spontanés, — puisque c'est là un des caractères qui différencient les deux règnes organiques, — on connaît cependant des plantes qui exécutent certains mouvements sous l'influence d'excitations extérieures déterminées. Telle est, par exemple, la sensitive, qui referme ses feuilles dès qu'on l'excite par le contact d'un corps étranger.

Dans certaines plantes, les filets des anthères sont animés de mouvements du même genre, et qui ont été surtout bien observés chez l'épine-vinette, où ce phénomène est très-accusé. Nous pourrions citer un certain nombre de faits de ce genre dans le règne végétal. Eh bien, quand on soumet ces plantes à l'influence des vapeurs d'éther, tous ces mouvements cessent de se produire.

Un autre fait à signaler ici, parce qu'il est peut-être du même genre, quoiqu'il appartienne surtout au règne ani-

---

l'éther sulfurique; beaucoup de ces faits avaient été observés par des médecins, et quelques-uns même publiés par eux. Ainsi, en 1818, le *Quarterly Journal of Sciences* rapporte l'histoire d'un homme qui, à la suite d'inhalations d'éther, serait resté trente heures en léthargie et aurait été en danger de mort.

Christison (*On Poisons*, 1836, p. 804) observe une suppression complète de la sensibilité chez un jeune homme qui avait respiré un air fortement chargé d'éther; Thornton provoque le même phénomène par mégarde chez un de ses malades. La servante d'un droguiste, couchée dans une pièce où venait de se briser une jarre d'éther, succombe sous l'action des vapeurs qui s'en échappent. Enfin, les propriétés anesthésiques de l'éther sont formellement constatées par Orfila (*Toxicologie générale*, 4ᵉ édit., t. II, p. 531), par B. C. Brodie (*Journal de médecine* de Leroux, t. XXVI, p. 32), par Giacomini (*Traité de matière médicale et thérapeutique*, traduit en français dans l'*Encyclopédie des sciences médicales*, en 1839, p. 157), etc.

Mais tous ces faits n'avaient été remarqués qu'à titre d'accidents, avec la préoccupation de les éviter, de sorte qu'on était bien loin alors de songer à en tirer parti pour soustraire les malades aux conséquences douloureuses des opérations chirurgicales. La première application de ce genre qu'on puisse considérer comme authentique, est due à un médecin d'Athènes, W. C. Long, qui employa des inhalations d'éther pour insensibiliser des malades soumis à diverses opérations, les 30 mars et 3 juillet 1842 et le 9 septembre 1843. Le fait a été reconnu et consacré par Jackson lui-même.

Malheureusement, W. C. Long négligea d'appeler l'attention sur ses observations, qui passèrent ainsi complétement inaperçues, et il fallut une nouvelle découverte, mieux exploitée cette fois, pour faire entrer la science en possession de ce fait aussi curieux qu'important.

Pendant l'hiver de 1841 à 1842, un médecin et chimiste américain, nommé Jackson, préparait du chlore pour une leçon qu'il allait faire devant l'Association charitable du Masachussetts, lorsqu'une des bouteilles où s'était accumulé le chlore vint à se briser, et le gaz, dispersé par cet accident, provoqua une irritation violente des voies respiratoires chez l'opérateur. Pour arrêter les effets du chlore, Jackson eut l'idée de respirer en même temps de l'éther et de l'ammoniaque; il espérait que la réaction de l'hydrogène de l'éther sur le chlore donnerait naissance à de l'acide chlorhydrique, lequel s'unirait immédiatement à l'ammoniaque pour produire du chlorhydrate d'ammoniaque complétement inoffensif. Jackson éprouva en effet un certain soulagement qui l'engagea à répéter la même inhalation, et bientôt les phénomènes de l'anesthésie se produisirent d'une manière complète.

Jackson déclare qu'il avait conçu, immédiatement après cet incident, l'idée de la méthode anesthésique en chirurgie. Toutefois c'est seulement quatre ans plus tard, en septembre 1846, que la question est reprise et entre enfin dans une phase décisive. Il paraît que c'est Jackson qui conseilla alors à un dentiste de Boston, nommé Morton, de soumettre ses clients à des inhalations d'éther pour opérer leurs dents sans douleurs. Morton le fit en effet et obtint des résultats très-satisfaisants.

Mais, pour établir l'efficacité de la méthode, il fallait l'éprouver dans de grandes opérations. Morton alla donc trouver le professeur John Warren, chirurgien de l'hôpital de Boston, qui, deux ans auparavant, en 1844, avait expérimenté le protoxyde d'azote dans le même but d'une manière tout à fait infructueuse, sur la proposition et avec le concours d'un autre dentiste, nommé Horace Wels. Il paraît que Morton faisait cette démarche sur le conseil de Jackson. Warren accepta d'expérimenter les effets de l'agent anesthésique dont Morton gardait le secret, et qu'il appliquait lui-même, à l'aide d'un appareil très-simple à deux tubulures, qu'il avait imaginé. Le 17 octobre, Warren opéra une tumeur du cou dans ces conditions sans provoquer la moindre douleur; le lendemain, un autre chirurgien du même hôpital, Hayward, fit avec le même succès l'ablation d'un sein. Au commencement du mois de novembre, une résection de la mâchoire inférieure et une amputation de cuisse furent pratiquées par les mêmes chirurgiens ou par Bigelow, toujours sans que les malades éprouvassent de douleur. L'anesthésie était définitivement conquise à la pratique chirurgicale.

Le 27 octobre 1846, Jackson et Morton avaient pris en commun un brevet d'invention pour s'assurer le bénéfice de cette découverte que Morton, toujours dominé par des préoccupations pécuniaires, tenait beaucoup à exploiter. Mais bientôt des dissentiments éclatèrent entre eux; il y eut procès en février 1847, et chacun des deux compétiteurs voulut s'attribuer à lui seul tout l'honneur de la découverte. C'est à Jackson qu'on a généralement fait la plus large part; mais l'esprit mercantile du dentiste Morton lui a peut-être beaucoup nui dans cette circonstance. Morton vient du reste de mourir, il y a peu de temps, dans une pauvreté voisine de la misère.

A peine faite en Amérique, la découverte de l'anesthésie chirurgicale par l'éthérisation se répandit en Europe avec la plus grande rapidité. Le 12 janvier 1847, Malgaigne expose à l'Académie de médecine de Paris le résultat heureux de l'expérience qu'il venait d'en faire à l'hôpital Saint-Louis. Six jours après, le 18 janvier, Velpeau faisait à l'Académie des sciences une communication analogue.

Plusieurs physiologistes, notamment Flourens et M. Longet, se mirent aussitôt à étudier l'action de l'éther sur l'organisme. On reconnut bientôt que d'autres corps pouvaient produire des effets analogues. Flourens, par des expériences sur des animaux, observa notamment l'existence de propriétés anesthésiques dans l'éther chlorhydrique, ce qui le conduisit à essayer le chloroforme, corps très-peu remarqué jusque-là, et dont la composition était fort analogue à celle de l'éther chlorhydrique. Il obtint avec cette nouvelle substance des effets anesthésiques encore plus rapides et plus énergiques que ceux de l'éther. Mais en France on n'eut pas l'idée de répéter ces expériences sur l'homme.

C'est en Angleterre que cette idée se produisit. Dans le courant de l'année 1847, un chirurgien d'Édimbourg, Simpson, se mit à employer le chloroforme au lieu de l'éther, pour anesthésier ses malades, et, le 10 novembre 1847, il pouvait exposer devant la Société médico-chirurgicale d'Édimbourg les résultats de cinquante chloroformisations, toutes suivies d'un complet succès, dans des opérations chirurgicales de tous genres. L'emploi chirurgical du chloroforme ne se répandit pas moins rapidement que l'avait fait celui de l'éther, et cette nouvelle découverte excita une sensation presque aussi vive que la première. Aujourd'hui le chloroforme a triomphé presque partout et il est beaucoup plus employé que l'éther, parce qu'il produit des effets anesthésiques bien plus complets et plus rapides.

L'éther ordinaire, ou éther sulfurique, et le chloroforme, ne sont pas les seules substances qui jouissent des propriétés anesthésiques; les recherches provoquées par la découverte de l'éthérisation conduit à en trouver bien d'autres qui possèdent les mêmes propriétés à des degrés divers. On peut citer, outre ces deux corps, la plupart des éthers, notamment les éthers chlorhydrique, azotique, acétique, chlorique, le sesquichlorure de carbone, la benzine, l'aldéhyde ou hydrate d'oxyde d'acétyle, le bisulfure de carbone, l'amylène, l'hydrure de benzoyle, le protoxyde d'azote, etc. On a proposé aussi l'acide carbonique et même l'oxyde de carbone.

st l'action paralysante de l'éther sur les mouvements vibratiles.

d'étudier les effets et la théorie physiologique de des anesthésiques, il faut d'abord exposer la manière les emploie, les procédés et les appareils à l'aide des- ı soumet les animaux à leur influence. Cette division ouble point de vue est nécessaire pour atteindre le but is nous proposons.

la pratique expérimentale, la technique des expé- physiologiques, il ne suffit pas, même en se plaçant t de vue le plus étroit, de savoir appliquer les agents siques aux animaux, il faut encore savoir comprendre oir expliquer les expériences qu'on fait ainsi.

de des propriétés physiologiques diverses des agents siques ou contentifs est bien plus importante encore, point de vue, et surtout plus difficile que celle du application de ces agents.

er et le chloroforme ont été appliqués, soit par les ires, soit par les physiologistes, à presque tous les ani- On les a employés d'abord pour les grands animaux, t, bœufs, moutons, etc., mais surtout pour le cheval. aux bœufs et aux moutons, on ne les soumet pas à du chloroforme ou de l'éther quand ils doivent subir rations douloureuses. Les vétérinaires l'avaient bien l'abord, mais ils y ont renoncé très-vite, d'une façon , M. Bouley me le disait encore il y a quelques jours, par suite d'une circonstance absolument extra-scienti- la chair des animaux anesthésiés par l'éther ou le orme conservait toujours un goût insupportable, qui ait de la vendre comme viande de boucherie, si l'a- enait à mourir pendant l'opération ; c'était donc une èche.

les chevaux, comme on ne pouvait pas de toute façon rti de leur viande autrement que chez l'équarrisseur, e raison n'existait pas, et l'on continua à les anesthé- is aujourd'hui l'usage de la viande de cheval a repris ; il se répand de plus en plus dans l'alimentation des pauvres, et, si ces progrès se développent assez, il it bien se faire qu'on cesse aussi d'anesthésier les che- omme les bœufs et les moutons, avant de les opérer, ne pas risquer de perdre même le prix de leur , en cas d'accident.

it à présent, on anesthésie encore les chevaux, et voici nt on procède pour cela : On prend deux petites s qu'on imbibe d'éther et qu'on introduit dans les s de l'animal.

toujours de l'éther qu'il faut employer pour procéder t non du chloroforme, quoique les propriétés anesthé- de ce dernier corps soient beaucoup plus énergiques; tance qui mérite d'attirer l'attention quand on opère gros animal. Mais le chloroforme a une action caus- rès-énergique; si on le substituait à l'éther pour im- les éponges introduites dans les narines, il irriterait up l'animal, qui est très-sensible dans cet endroit. arler des inconvénients directs de cette action caus- il y aurait là un obstacle réel à la production facile de hésie.

éponges imbibées d'éther, une fois placées dans les na- le l'animal, on comprend très-bien comment l'anes- se produit. L'éther est un liquide très-volatil, même mpérature ordinaire ; dispersé par son imbibition sur l'éponge, et baigné dans les narines par le courant d'air expiré des poumons, — air dont la température est à peu près celle de l'ébullition de l'éther (ce corps bout un peu au-dessous de 36 degrés), — il se volatilise bien plus vite encore. Ses vapeurs pénètrent dans les poumons avec le courant d'air inspiré ; elles arrivent ainsi en contact avec le sang, qui les dissout et les conduit au point de l'organisme où se produit l'action anesthésique.

L'inhalation des vapeurs d'éther, par ce procédé, s'exécute d'autant plus commodément chez le cheval, que cet animal présente une particularité anatomique qui la facilite beaucoup. Chez l'homme et la plupart des mammifères, il y a une communication entre la bouche et le larynx qui leur permet de respirer par la bouche en même temps que par les narines. Le cheval ne peut respirer que par les narines.

Grâce à cette disposition anatomique, l'air atmosphérique ne peut pénétrer dans les poumons qu'en traversant les éponges imbibées d'éther, et en se chargeant ainsi d'une forte quantité de vapeurs anesthésiques.

Si l'on voulait éthériser des bœufs ou des moutons, comme ils ne présentent pas la même particularité anatomique que le cheval, et peuvent très-bien respirer par la bouche, il ne suffirait plus d'introduire dans les narines des éponges imbibées d'éther. En effet, une grande partie de l'air qui arriverait dans les poumons aurait passé par la bouche, sans traverser par conséquent les éponges éthérées. Il en résulterait que l'éther ne pénétrerait pas assez vite dans les poumons en quantité suffisante pour produire une anesthésie rapide et complète. Il est facile d'éviter cet inconvénient, soit en serrant le museau de l'animal avec une corde ou une sorte de muselière, pour l'empêcher d'ouvrir la bouche et de respirer par cette voie, soit en plaçant le museau tout entier dans un appareil analogue à celui que nous allons décrire pour les chiens, et disposé de manière que l'air qui entre par la bouche, comme celui qui entre par les narines, ait également traversé l'éther et se soit chargé de vapeurs anesthésiques.

L'animal que nous employons surtout dans nos expériences, c'est le chien ; c'est donc de lui qu'il faut principalement nous occuper au point de vue des anesthésiques. Le chien, comme l'homme, est beaucoup plus sensible à l'action du chloroforme qu'à celle de l'éther; aussi emploie-t-on presque toujours le chloroforme dans la physiologie opératoire de même que dans la chirurgie humaine.

Dans la pratique chirurgicale, l'emploi de l'anesthésie entraîna bientôt quelques accidents mortels. Ces accidents se produisirent d'abord avec le chloroforme, qui s'était substitué très-vite presque partout à l'éther, grâce aux travaux de Flourens et de Simpson. Ils se multiplièrent assez pour montrer qu'on ne pourrait jamais les éviter absolument. Aussi un certain nombre de chirurgiens proposèrent-ils d'abandonner le chloroforme pour revenir à l'éther, dont l'usage paraissait moins à craindre. Aujourd'hui encore les chirurgiens de Lyon n'emploient que l'éther. On croyait le chloroforme plus dangereux que l'éther parce qu'il était plus actif; mais, en réalité, la fréquence relative des accidents par le chloroforme tenait peut-être tout simplement à ce que c'était cet agent anesthésique qu'on employait dans l'immense majorité des cas. Plusieurs discussions ont été provoquées par les partisans de l'éther, surtout par les représentants de l'école de Lyon, et il a été constaté que l'éther, lui aussi, avait produit un certain nombre d'accidents mortels.

Les deux agents anesthésiques usités peuvent donc, l'un comme l'autre, entraîner quelques risques de mort, et la chirurgie humaine a conservé presque partout le chloroforme, dont l'action est plus rapide et plus complète.

En physiologie opératoire, c'est presque toujours aussi le chloroforme qu'on emploie pour endormir les chiens. D'ailleurs ces animaux sont assez difficiles à anesthésier, et avec l'éther il faudrait au moins une heure pour y parvenir d'une manière complète, tandis qu'on obtient le même résultat beaucoup plus vite avec le chloroforme, en forçant un peu la dose au besoin. Il est vrai qu'il se produit quelques fois des accidents; mais il n'y a jamais à craindre, en définitive, que la perte d'un animal, et ces accidents sont rares lorsqu'on prend les précautions convenables. On le comprendra mieux lorsque nous étudierons le mécanisme de la mort qui peut se produire sous l'influence des anesthésiques.

On employait autrefois, pour anesthésier les malades, un appareil relativement compliqué. Il se composait d'une boîte où était renfermé le chloroforme, avec une disposition convenable pour activer son évaporation; de cette boîte partait un tube de caoutchouc aboutissant au milieu d'un masque qu'on appliquait sur le visage, de telle sorte que les vapeurs du chloroforme se trouvaient ainsi conduites de la boîte jusqu'à l'entrée de la bouche et des narines. Aujourd'hui on se contente tout simplement de compresses imbibées de chloroforme qu'on place sous le nez et devant la bouche, et qu'on renouvelle au fur et à mesure qu'elles se dessèchent par suite de l'évaporation du chloroforme.

L'appareil qu'on avait imaginé pour l'usage de la chirurgie humaine a servi de modèle à des appareils analogues pour les chiens. En voici un qui existe depuis très-longtemps au laboratoire, et que j'y connaissais déjà du temps de Magendie.

Aujourd'hui nous employons tout simplement une muselière dont les parois de cuir plein garnissent aussi tout le tour du museau. Mais sur le devant, juste en face des narines, cette muselière présente une sorte de fenêtre circulaire continuée par un tube métallique de même grandeur. Ce tube peut servir de gaîne à un cylindre creux ou tube métallique, qui n'est autre chose que la boîte à chloroforme de l'ancien appareil un peu modifiée. Ce cylindre-boîte est garni à ses deux extrémités d'un treillis métallique laissant libre passage à l'air et aux vapeurs; il s'ouvre en son milieu, et l'on peut ainsi placer entre les deux treillis métalliques une éponge imbibée de chloroforme.

Lorsqu'on veut anesthésier un chien, après avoir préparé la boîte à chloroforme comme il vient d'être dit, on lui adapte convenablement la muselière, puis on engaine la boîte à chloroforme dans le tube terminal de cette muselière comme on ferait glisser l'un dans l'autre les deux tubes d'une lorgnette. Lorsque l'anesthésie a été poussée suffisamment loin ou qu'on veut l'interrompre, il suffit d'enlever la boîte à chloroforme sans toucher à la muselière, qui reste en place, et quand on veut recommencer ou continuer l'action de l'anesthésique, on n'a qu'à glisser de nouveau la boîte dans sa gaîne. Cette manœuvre se fait très-rapidement.

Voici un chien auquel on adapte la muselière que nous venons de décrire avec sa boîte à chloroforme. Vous voyez que, pendant les premiers moments de l'expérience, le chien manifeste de l'agitation, il gémit et fait des soubresauts assez violents. Cela tient à ce que le chloroforme irrite les muqueuses des lèvres et des fosses nasales où aboutissent des fib nerveuses sensitives nombreuses et délicates.

M. P. Bert a montré que l'agitation qui se manifeste au co mencement de l'action du chloroforme tient bien à c cause accidentelle. Pour cela, on pratique la trachéoton et, au lieu de diriger les vapeurs de chloroforme dan bouche ou dans le nez, on les fait pénétrer directement d la trachée par l'ouverture artificielle qu'elle a subie. Al les muqueuses buccale et nasale ne sont plus exposée l'action irritante du chloroforme, et, quant à la trachée, est insensible. Dans ces conditions, l'anesthésie arrive s que l'animal ait manifesté l'agitation si remarquable nous avons observée tout à l'heure.

Chez un chien soumis aux inhalations de chloroforme, l'a thésie se produit au bout de huit à quinze minutes. D'a les observations faites par les chirurgiens sur l'homme, aurait avantage à donner tout de suite une très-forte dose. V voyez que le chien sur lequel nous opérons est tombé d un état d'insensibilité complète, la résolution des muscle parfaite, les membres cèdent à toutes les impulsions. C donc là un excellent moyen contentif, et il est utile en à un autre point de vue, puisqu'il supprime la douleur, est toujours une cause de trouble dans les expériences. Il vrai qu'en supprimant cet inconvénient, il introduit des turbations d'un autre genre; mais ce sont là des difficu inévitables au milieu desquelles le physiologiste doit sa voir et apprendre à distinguer la vérité.

Le chat et surtout le lapin sont bien plus sensibles qu chien à l'action du chloroforme, et l'on ne pourrait pas, danger de mort, les laisser exposés à cette action à beauc près aussi longtemps que nous venons d'y soumettre ce chi La sensibilité des lapins au chloroforme permet de les a thésier par un procédé extrêmement simple. On se cont de les placer sous une cloche, ou dans un vase quelcon facile à clore, de manière à former une atmosphère confi on y met en même temps de petites éponges ou même morceaux de papier imbibés de chloroforme. Quand on l'animal tomber, on enlève la cloche, et l'insensibilité per assez longtemps pour qu'on puisse faire les vivisections né saires dans la plupart des cas. Au besoin, on continue l'ac plus longtemps, ou on la renouvelle avant que ses effets a complétement disparu.

Le rat est encore plus sensible que le lapin à l'action chloroforme. On emploie le même procédé pour l'anest sier.

Enfin, chez les oiseaux, l'anesthésie arrive avec une rapi extrêmement grande, et il suffit, pour la produire, d'une t petite quantité de chloroforme; il faut même agir avec be coup de précaution pour ne pas exagérer la dose et tuer nimal. Mais, par contre, cette anesthésie se dissipe aussi vite. En général, plus un animal est prompt à ressentir effets du chloroforme, plus il est prompt aussi à en sorti

La perte de la sensibilité sous l'influence du chlorofo suit une marche que nous étudierons plus tard. Mais n pouvons indiquer, comme signe pratique pour reconna l'anesthésie, que, de tous les organes, c'est la conjonctive conserve la dernière sa sensibilité; les parties qui la perd immédiatement avant la conjonctive sont celles où se dis buent les nerfs de la cinquième paire. Quand la sensibi reparaît, elle suit un ordre inverse, c'est-à-dire que c'est conjonctive qui la recouvre la première.

nt aux grenouilles, elles se prêtent si facilement à les opérations physiologiques, qu'on a rarement besoin chloroformiser. Cependant cela peut arriver. Il est fa- leur appliquer le procédé que nous venons d'employer es lapins, les rats, les oiseaux, c'est-à-dire de les expo- us une cloche aux vapeurs de chloroforme. Mais e ces animaux sont petits et sensibles à l'anesthésie, n marche très-vite, et il est difficile de l'arrêter en . En employant ce procédé, on tue presque toujours enouilles, et vous voyez, en effet, que c'est ce qui vient us arriver. Les grenouilles qui périssent ainsi présen- ne rigidité très-grande de tous leurs membres, qui est marquable et qu'on a étudiée sous le nom de *rigidité ormique*.

r anesthésier les grenouilles sans les tuer, quand il ulement les conserver quelque temps immobiles, j'ai s à un autre moyen. Au lieu de les exposer aux vapeurs oroforme lui-même, j'emploie une solution de l'agent ésique dans l'eau : si c'est du chloroforme, une solu- centième ; si c'est de l'éther, une solution au dixième. olution saturée peut encore être allongée d'eau pure portions diverses, suivant les exigences de chaque cas; insi que la solution avec laquelle nous allons opérer a langée d'un égal volume d'eau pure.

iquide ainsi préparé, on se borne à y jeter les gre- s, qui sont ainsi complétement enveloppées par l'in- anesthésique et qui l'absorbent de toutes parts. On ire quand on voit leurs membres s'arrêter et devenir iles.

ieu de les jeter dans l'eau anesthésique, on peut aussi ecter une certaine quantité sous la peau.

i quelques expériences qui vous indiqueront la durée nesthésie chez la grenouille, suivant le procédé em- :

Anesthésie PAR INJECTION SOUS-CUTANÉE d'éther ou de forme.

hloroforme.—Une grenouille rousse reçoit sous la peau un centimètre cube de solution saturée de chloro- ($\frac{1}{100}$). L'anesthésie arrive au bout de cinq minutes; elle ne heure cinquante-cinq minutes, et le retour com- l'état normal se produit au bout de deux heures cinq s.

ne grenouille rousse reçoit sous la peau du dos 2 centi- cubes de solution d'éther au vingtième ($\frac{50}{1000}$). L'anes- arrive au bout de dix minutes et dure trente minutes; ur complet à l'état normal a lieu après trente-cinq s.

nesthésie PAR IMMERSION.

ne grenouille rousse est plongée dans une solution sa- e chloroforme étendue de son propre volume d'eau ($\frac{1}{1000}$). L'anesthésie et la résolution se produisent au trois minutes; elles durent une heure quinze mi-

ne grenouille rousse est plongée dans une solution au vingtième ($\frac{50}{1000}$). L'anesthésie et la résolution ar- après deux minutes; elles durent une heure.

sumé, nous employons trois procédés pour administrer nts anesthésiques :

inhalation de vapeurs de chloroforme ou d'éther. — procédé en usage pour l'homme dans la chirurgie. Nous l'avons employé pour le chien, en nous servant d'une muselière munie d'une boîte à chloroforme. C'est encore à lui que nous avons eu recours pour les lapins, les rats, les oiseaux, en les plaçant sous une cloche ou dans un vase formant une atmosphère confinée où nous faisions dégager des vapeurs de chloroforme ou d'éther. On pourrait procéder de même pour les chiens, mais ce serait fort peu commode, parce que la taille de l'animal exigerait des vases ou des cloches de verre très-grandes et très-solides. Ce procédé consiste toujours à faire arriver les vapeurs d'éther ou de chloroforme dans les poumons, soit qu'on les y conduise directement, soit qu'on les répande en quantité suffisante dans l'atmosphère que respire l'animal. C'est donc par les poumons que l'anesthésique est absorbé.

2° L'*immersion* dans l'eau contenant du chloroforme ou de l'éther en dissolution. — Nous avons employé ce moyen pour les grenouilles et les salamandres ou tritons; il pourrait également s'appliquer aux poissons et en général aux animaux à respiration aquatique; leurs branchies et peut-être même leur peau absorberaient l'agent anesthésique. Les grenouilles adultes respirent par des poumons et non par des branchies; elles peuvent être anesthésiées par l'absorption cutanée parce que la peau, chez ces animaux, est, comme on le sait, une véritable surface respiratoire.

3° Au procédé par immersion se rattache *l'injection sous-cutanée* d'une solution de chloroforme ou d'éther dans l'eau. C'est aussi sur les grenouilles que nous avons employé ce procédé; il réussit sur ces animaux, et l'agent anesthésique peut s'introduire par le tissu cellulaire sous-cutané, parce que la peau constitue chez eux une véritable surface respiratoire comme le montre déjà la possibilité de ces anesthésies par immersion.

Chez d'autres animaux, tels que les mammifères, ce procédé ne réussirait pas. L'injection sous la peau d'une solution de chloroforme ou d'éther ne produirait pas du tout l'anesthésie. En voici la raison :

Pour qu'une substance quelconque agisse sur l'organisme, il faut qu'elle pénètre dans le sang, et il ne suffit même pas qu'elle entre dans le sang veineux, il faut qu'elle arrive dans le sang artériel, comme nous le montrerons plus tard. C'est là une condition absolument indispensable. Vous venez de voir en effet qu'on peut administrer le chloroforme par mille moyens divers, mais qu'au fond tous ces procédés se ramènent toujours à introduire le chloroforme dans le sang artériel. Le sang conduit alors le chloroforme jusqu'à l'élément nerveux sensitif, sur lequel nous verrons bientôt que s'exerce l'action élective des agents anesthésiques. Le sang est le milieu intérieur général dans lequel se produisent toutes les actions physiologiques, et l'on ne peut atteindre les autres éléments qu'en passant par ce milieu.

Ceci étant donné, supposez que nous prenions un animal à sang chaud et à respiration active, comme un lapin ou un chien (ce serait encore bien plus marqué avec un oiseau), et que nous lui injections sous la peau une solution de chloroforme. Qu'arriverait-il ? D'abord, si le chloroforme est pur, il n'y aura presque aucune absorption de la substance anesthésique, parce que cette substance exerce localement une action caustique qui obstrue le plus souvent les vaisseaux, produit une vive irritation et même une gangrène consécutive.

Cependant l'absorption pourrait se produire si l'on injectait la substance dissoute dans l'eau. Mais l'anesthésie n'en

résultera pas davantage pour cela. En effet, le chloroforme pénétrera du tissu cellulaire sous-cutané dans les veines, qui le conduiront au cœur droit, d'où il sera lancé avec le sang noir dans l'artère pulmonaire, et il arrivera ainsi aux poumons. Là le chloroforme ou l'éther, qui sont des substances éminemment volatiles, s'exhaleront dans l'atmosphère avec l'acide carbonique, et lorsque le sang continuera son circuit circulatoire en retournant au cœur gauche par les veines caves, et ensuite dans l'aorte et ses subdivisions, il n'en contiendra plus du tout ou n'en contiendra qu'une proportion trop faible pour exercer une action anesthésique sensible. Or, c'est à ce moment seulement que le chloroforme pourrait produire son effet, car c'est alors qu'il est amené par le sang artériel en contact avec les éléments nerveux sensitifs sur lesquels s'exerce son action. Dans les veines, il n'était pas en contact avec ces éléments, et le torrent circulatoire ne faisait que l'en éloigner; il ne pouvait donc pas les influencer à distance, les actions physiologiques ne se produisant qu'au contact.

Un grand nombre d'expériences démontrent de la façon la plus évidente cette exhalation des substances gazeuses contenues dans le sang noir pendant son passage dans les poumons. Ainsi j'ai fait autrefois des expériences avec l'hydrogène sulfuré ou acide sulfhydrique, qui est un poison fort actif. Je pouvais cependant l'injecter impunément dans les veines. Mais en plaçant aussitôt devant la bouche, dans l'air expiré, un papier blanc recouvert d'acétate de plomb, on le voyait noircir rapidement par suite de la formation de sulfure de plomb noir sous l'influence de l'acide sulfhydrique qui s'exhalait.

Du reste, il est facile de prouver directement cette exhalation pour l'éther lui-même, en injectant de l'éther dans la veine jugulaire; l'air expiré par l'animal répand aussitôt une odeur d'éther très-intense, qui ne peut laisser aucun doute sur la réalité de l'exhalation pulmonaire.

Chez la grenouille, comme chez les animaux à sang froid en général, la respiration est beaucoup moins active; l'exhalation pulmonaire subit donc un ralentissement proportionnel, et elle ne suffit plus à débarrasser le sang, pendant son passage dans les poumons, de tout le chloroforme qu'il contient, d'autant plus que, chez un animal d'aussi petite taille que la grenouille, la quantité de chloroforme injecté sous la peau est toujours relativement fort considérable. Il passe donc dans le système artériel une partie notable du chloroforme que contenait le sang veineux, et, pourvu que l'injection primitive ait été assez considérable, cela suffit pour agir sur les éléments nerveux sensitifs, lorsque le sang artériel chloroformisé les atteint.

Ce que nous observons chez la grenouille se produirait également chez les animaux à sang froid, dont la respiration est suffisamment lente. Il n'y a donc, entre la grenouille et les autres animaux sur lesquels nous avons opéré, aucune différence réelle au point de vue de l'action du chloroforme, comme ces expériences auraient pu le faire croire au premier abord. C'est d'une manière analogue que ce sont produites bien des erreurs relativement à l'action des poisons sur les différentes espèces d'animaux. On a cru souvent qu'il y avait une différence d'action, alors qu'il y avait simplement des conditions particulières modifiant ou masquant, dans certains cas, les effets d'une action unique et toujours constante dans son essence.

On voit en même temps que l'inhalation n'est pas un mode d'administration choisi arbitrairement pour les substances anesthésiques. Cela tient essentiellement à la nature même de ces agents, qui sont très-volatils. Comme tous les autres modificateurs de l'organisme, ils ne peuvent agir que dans le système artériel; or, par suite de leur volatilité, s'ils sont absorbés à un endroit tel que le cours du sang doive les ramener dans les poumons avant d'avoir agi, ils se dégageront dans l'atmosphère.

Le seul moyen d'éviter cet inconvénient, c'est de les introduire par le poumon lui-même. La surface respiratoire joue en effet deux rôles antagonistes : c'est à la fois une surface d'absorption et une surface d'élimination pour les matières gazeuses; c'est donc par là qu'il faut toujours introduire dans l'organisme les substances gazeuses qu'on veut faire absorber, afin qu'elles n'en sortent qu'après avoir parcouru le tour du courant circulatoire et exercé leur action sur les éléments histologiques.

ASSOCIATION MÉDICALE BRITANNIQUE

CONGRÈS D'OXFORD (1)

M. J. PAGET

de la Société royale de Londres

Le bégaiement observé dans d'autres organes que ceux de la parole

Les caractères du bégaiement, en ce qui concerne la parole, sont si bien connus et ont été si souvent étudiés, que nous pouvons prendre cette forme de maladie comme le type d'une classe renfermant des affections analogues d'autres organes que ceux de la parole, et appliquer à ces affections le nom générique de bégaiement.

Le bégaiement, quels que soient les organes où on l'observe, paraît dû à un défaut d'accord entre certains muscles qui doivent entrer en contraction pour expulser, et d'autres muscles qui, au même instant, doivent se relâcher pour permettre cette expulsion. Les bègues ordinaires ne peuvent coordonner la contraction des muscles expirateurs ou expulseurs de l'air avec le relâchement des muscles de la glotte, ou, dans d'autres cas, avec le relâchement des muscles de la langue ou des lèvres, pour expulser l'air lorsqu'il sert à la phonation et à l'articulation des sons. Dans les variétés si nombreuses de bégaiement de la parole, le trouble fonctionnel réside uniquement dans les muscles. L'influence du système nerveux et de l'état mental sur ce trouble fonctionnel est évidente en fait, mais difficile à expliquer. Peut-être cette interprétation gagnera-t-elle quelque chose à l'étude des désordres semblables qui peuvent être observés dans d'autres parties du corps. En tout cas, la présente lecture n'a pas d'autre but que d'établir la réalité de ces bégaiements multiples.

Le bégaiement des organes urinaires n'est pas rare, et il est certainement connu de quiconque a remarqué parfois, sur la même personne, l'exact parallélisme entre la difficulté d'expulser l'urine et la difficulté d'expulser l'air qui engendre le bégaiement de la parole. Le malade peut souvent expulser

(1) Voyez notre tome V, page 777, 7 novembre 1868, et le présent tome VI, page 22, 12 décembre 1868.

sans aucun obstacle, surtout s'il accomplit cette fonc-ns le temps et au lieu ordinaire : dans ce cas, le jet ıc et fort, irréprochable. Mais, en d'autres moments, il e toutes les angoisses qu'il subirait s'il était affecté du ssement le plus caractérisé. Il ne peut émettre une goutte d'urine, ou bien, après l'émission de quelques , il éprouve une douloureuse résistance, et plus il fait s, moins il obtient d'effets; il peut même s'ensuivre ention complète et une distension de la vessie. Ces cas blent beaucoup à ces constrictions congestives dans les on voit un gonflement subit d'une partie de la ane muqueuse rétrécir ou obturer la partie du canal le moins susceptible de distension. Mais les circon-dans les deux cas sont différentes. Le bégaiement de e a lieu au contraire dans des conditions identiques du bégaiement de la parole. Il n'y a pas de pires bègues ux qui peuvent causer ou lire couramment quand voix ils sont seuls ou avec des personnes de leur inti-ou bien quand ils ne prennent aucun souci de leur e de parler. Leur plus mauvais moment est lorsqu'ils vent, soit avec des étrangers, soit avec des personnes s un lieu qui se lient dans leur pensée avec l'idée de nent. Il en est tout juste de même pour le bégaiement ou uréthral. Un malade me disait que, malgré l'inté-abituelle de sa fonction d'excrétion urinaire, il y avait ant telle personne avec laquelle il ne pouvait se ré-à se promener, parce qu'une fois, étant en sa compa-avait eu besoin d'uriner, s'était écarté pour le faire, et pu y parvenir. Son expérience des effets de l'associa-s idées lui donnait la certitude que, s'il se retrouvait en semblable occurrence, il subirait le même échec avec tensité encore plus grande. Un autre malade, homme e, se sondait toujours avant de se rendre à son prêche. sie avait souvent été le siége de troubles nerveux, et une fois ou deux éprouvé un violent besoin d'uriner en nt, il s'était trouvé, après son sermon, incapable de re ce besoin. Il me disait qu'il était sûr que, s'il mon-chaire sans avoir la certitude d'avoir vidé complète-a vessie à l'aide de la sonde (le n° 12 passait facile-il serait tourmenté par l'envie d'uriner, et, à la suite, d'une rétention ; semblable au bègue qui ne peut ar-un seul mot, il n'avait pu émettre une seule goutte . Un autre malade décrivait la série d'opérations et de s qu'il lui fallait mettre en usage pour aboutir à l'as-n d'idées ou d'actions qui lui permettait le mieux de a vessie. Il était obligé de se promener en long et en ans sa chambre, de se tenir debout ou assis, de toutes nières, et d'avoir bien soin de ne tendre son esprit ni trop peu vers le but désiré : moyennant quoi il pou-iner, mais pourtant à la condition de le faire en y appor-moins d'attention possible.

ourrais ajouter bien des notes à ce chapitre des caprices aiement de la vessie et de l'urèthre ; mais il me suffira que presque tous les phénomènes du bégaiement de le trouvent ici leur parallèle. Dans les deux cas, on l'influence formelle de l'habitude et de l'association ées; les effets d'une transition, d'un changement de r du système nerveux; le besoin d'un exercice exact nscient de la volonté qui ne soit ni en deçà ni au delà, et nce de la distraction de l'esprit. Dans les deux classes ades on rencontre une sensibilité excessive du système nerveux et des liens héréditaires avec des personnes affectées de diverses formes de nervosisme.

Il y a pourtant une ou deux différences entre l'affection des voies urinaires et celle de l'appareil de la parole. La première est plus douloureuse. La vessie, impuissante à chasser son contenu, devient pendant un certain temps le siége d'un sentiment de détresse et de tension, avec un besoin impérieux de se satisfaire que fait naître la rétention d'urine, même lorsqu'elle résulte du moindre obstacle mécanique ; ce besoin s'accroît et devient plus violent par suite de la tension de l'esprit. Dans les cas de bégaiement urinaire longtemps continué, c'est-à-dire survenus de bonne heure et que j'ai pu suivre pendant plusieurs années, je n'ai point observé de maladie organique consécutive. S'il est vrai que le bégaiement urinaire ne produit pas de changement de structure dans les organes qui en sont le siége, il peut se faire au contraire que les maladies de la structure de ces organes entraîne un état nerveux avec des désordres fonctionnels, une sorte d'ataxie qui se rapproche du bégaiement. Ainsi dans le rétrécissement, surtout lorsqu'il résulte de la congestion de la membrane muqueuse de l'urèthre, les malades attribuent la plus grande part de la difficulté qu'ils éprouvent dans l'émission de l'urine au défaut de coordination des actes musculaires qui président à la miction. Un malade me disait : « Si je pouvais arrêter l'effort, je le ferais ; mais à peine survient-il, que le spasme apparaît. » C'est-à-dire qu'il ne pouvait modérer l'action des muscles excréteurs, et qu'aussitôt qu'ils se contractaient, les muscles qui ferment l'urèthre se contractaient en opposition avec les premiers, au lieu de se relâcher. De même le bègue s'arrête en parlant, et plus il fait d'efforts, moins il parle. Comme pour les bègues, nous voyons que la plupart des malades qui souffrent depuis longtemps d'une obstruction urinaire par suite d'un rétrécissement, d'une hypertrophie de la prostate ou de toute autre cause, ont recours à des habitudes, à des postures, à des artifices qui leur permettent de parvenir au bénéfice d'une association d'idées aidant au succès de l'action musculaire.

Le traitement du bégaiement des organes urinaires offre des difficultés semblables et égales à celles qu'on rencontre dans le bégaiement de la parole. Il faut que le patient se soumette lui-même à une éducation qui le conduise à exercer un contrôle efficace sur son pouvoir musculaire et à combattre ses dispositions mentales. Il doit éviter toutes les chances de difficultés, et noter, pour n'y plus retomber, toutes les circonstances qui l'ont fait échouer. Il doit craindre tout, moins que le refus d'obéissance de ses organes urinaires. Il ne doit pas se rendre à la première réquisition du besoin d'uriner, mais plutôt le régler et le reporter volontairement à de certains moments fixés à l'avance. Il faut surtout qu'il apprenne à se servir d'un cathéter, non-seulement pour en user en cas de besoin absolu, mais pour se tenir à l'abri des craintes énervantes d'une rétention sans merci. Il doit entretenir tout son corps, et particulièrement son appareil urinaire, dans le meilleur état de santé possible; car, dans cette sorte de bégaiement plus encore que dans l'autre, l'état local est influencé puissamment par la condition de la santé générale.

Les caractères du bégaiement des organes de la déglutition se reconnaîtront généralement à leur ressemblance avec ceux du bégaiement urinaire. Il faut les distinguer non-seulement des obstructions mécaniques de la partie supérieure de l'œsophage par rétrécissement, dilatation ampullaire ou autre

cause, mais encore des difficultés de déglutition qui dépendent de la paralysie hystérique, sénile ou atrophique progressive. Il est inutile que j'indique les éléments du diagnostic de ces diverses affections. Le principal moyen de reconnaître le bégaiement de la déglutition et de le distinguer de toutes les autres maladies de l'œsophage, c'est que précisément il se montre à l'occasion d'un état mental, d'une cause morale. Quelquefois la déglutition est facile et sans obstacle; à d'autres moments elle est très-difficile, surtout en société, alors que ce trouble est particulièrement désagréable et que l'esprit y est trop préparé. En un mot, tout ce que nous avons dit sur le bégaiement des muscles de l'urination peut être répété ici, *mutatis mutandis*, pour le bégaiement des muscles de la déglutition, et les principes du traitement seront les mêmes dans les deux cas.

Je n'ai pas une expérience spéciale suffisante pour dire quels signes différencient ce bégaiement de la contracture spasmodique œsophagienne. Je pense que ce sont deux affections distinctes, mais je n'ai pas eu l'occasion de les étudier suffisamment. Si quelqu'un désirait faire de cette sorte de cas un sujet d'études, il aurait beaucoup à gagner à la lecture du mémoire du docteur Brinton, inséré dans *the Lancet* du 6 janvier 1866, et du cas remarquable de spasme (ou de bégaiement?) ayant amené une obstruction mortelle, rapporté par M. Henry Power. Je pense qu'on peut aussi étudier un désordre semblable dans l'acte de la défécation, en dehors de toute affection organique; mais je ne suis pas en mesure de donner d'utiles éclaircissements sur ce sujet.

JAMES PAGET,
Chirurgien de l'hôpital Saint-Barthélemy de Londres.

— Traduit de l'anglais par P. LORAIN, agrégé à la Faculté de médecine de Paris. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

ANTHROPOLOGIE

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
de l'Institut

XXXVIII

Réponse aux objections polygénistes. — Fécondité des métis humains

De l'ensemble des faits d'observation que nous venons d'énumérer et de discuter, nous sommes en droit de conclure qu'on ne peut trouver deux groupes humains dont le croisement soit réellement infécond.

Mais rappelez-vous que lorsque nous avons étudié la même question chez les végétaux et chez les animaux, nous ne nous sommes pas contentés de constater cette fécondité du premier croisement, pour différencier le métissage de l'hybridation, et, par conséquent, l'espèce de la race. Nous devons nous demander aujourd'hui, comme nous l'avons fait alors : Les produits de ces unions sont-ils féconds? Leurs descendants le sont-ils d'une manière continue, indéfinie, et forment-ils en conséquence de véritables races? Cette double question va nous occuper pendant la présente leçon.

Pas plus ici que dans le cas précédent, il ne s'est trouvé un polygéniste assez hardi pour prétendre que la fécondité fasse absolument défaut chez les produits du croisement entre deux groupes humains. Mais on a pris quelques cas particuliers où la nature de la race influencée par le milieu amenait ce résultat; puis, sans être très-explicite, on a au moins donné à entendre qu'il en était généralement ainsi.

Nott (*Hybridity*, *Types of mankind*) cite Etwick et Long, dans leur *Histoire de la Jamaïque;* il invoque aussi ses observations personnelles dans la Caroline du Sud, pour prouver que les mulâtres sont peu féconds, ou même ne le sont point du tout, et ne sauraient par conséquent former une race. Aux faits cités par Nott, je suis prêt à en ajouter d'autres. M. le docteur Simonot, mon collègue à la Société d'anthropologie, a remarqué que dans nos colonies de l'Afrique occidentale, le nombre des mulâtres augmente et diminue avec celui des blancs. Il en conclut que la population métisse ne s'entretient pas par elle-même, et ne se recrute que dans les produits du premier croisement. M. Simonot termine par ces mots : « Les métis du blanc et du noir ont pour caractère dominant d'être un état transitoire où la permanence des types qui l'ont créé se trouve remplacée par une sorte de neutralité qui ne leur assure qu'une durée éphémère dès qu'ils sont abandonnés à eux-mêmes. »

Pour faire intervenir une autre race, je puis vous citer, toujours dans le sens de Nott, ce que nous a appris le docteur Ivan : c'est qu'à Java, les métis de Malais et de Hollandais ne sont pas féconds au delà de la troisième génération.

Volney avait déjà remarqué que les mameluks n'avaient jamais pu faire souche en Égypte. Mais M. Broca lui-même, l'un des anthropologistes qui se rattachent le plus directement à l'école américaine, reconnaît bien qu'il s'agit ici seulement d'une question de milieu; en effet, ces mameluks ou Géorgiens ne se reproduisent pas davantage avec leurs compatriotes dans le bassin du Nil. L'acclimatation est donc seule en cause dans cet exemple, qui ne prouve rien quant à la nature même du groupe chez lequel il a été observé.

Le docteur Ivan a vu, dans d'autres colonies de l'extrême Orient, des Malais et des Hollandais donner des suites de métis indéfiniment féconds. Ce n'est donc pas non plus ici une question de race, mais seulement de milieu.

Quant à Etwick et Long, je ne connais de leur *Histoire de la Jamaïque* que le passage cité par Nott au sujet de l'infécondité des mulâtres. Je pourrais leur opposer les assertions de Lewis, autre historien de la même île, mais je n'en connais aussi que quelques extraits. Je préfère donc tenir pour vrai le fait rapporté sur la foi de ce témoignage dans les *Types of mankind*. Mais je me hâte d'ajouter que, dans d'autres îles de ce même golfe du Mexique, le même croisement du nègre et du blanc donne une population de mulâtres qui s'entretient parfaitement elle-même. Ainsi, dès le début de nos colonies de la Martinique et de la Guadeloupe, en 1635, le P. Labat et le P. Dutertre y signalent le mulâtre comme très-robuste et vraiment l'égal du blanc. Le docteur Rufz, qui a longtemps exercé à la Guadeloupe, confirme ces observations vieilles de deux siècles. « Le mulâtre, dit-il, est bien

---

(1) Voyez notre tome V, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707, 720, 730 et 751, numéros des 9 mai, 6, 13 juin, 4, 11, 18, 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12, 26 septembre, 3, 10, 17 octobre 1868; — et le présent volume, pages 85, 122, 184, 201 219 et 235, , 9 et 23 janvier, 20 et 27 février, 6 et 13 mars 1869.

›pé, fort, alerte, plus apte que le nègre aux applications ielles et très-salace. »

ait combien les gens de couleur s'étaient multipliés ı portion française de la grande colonie de Saint-Do-›. Ils avaient fini par être aussi nombreux que les et les noirs réunis. Quant à la population espagnole de ›ici ce qu'en dit un des derniers voyageurs, M. Audain : un tiers de nègres, deux tiers de mulâtres et une pro- presque insignifiante de blancs. » N'est-il pas évident mulâtres ne seraient pas en si grand nombre, s'ils ne aient que des croisements continus de blancs en pro- insignifiante avec un tiers de nègres? Leur popula- :st donc non-seulement entretenue, mais accrue par › leurs unions fécondes.

on peut aux exemples de Nott opposer d'autres es qui leur sont diamétralement opposés, et dont l'au- ité ne laisse rien à désirer. Il en résulte qu'en acceptant ent les faits cités par l'auteur américain, il est impos- › voir dans la fécondité ou dans l'infécondité des mu- .utre chose qu'une question relative au milieu et aux ›ns d'existence sous l'empire desquelles s'accom- : les croisements du blanc et du noir.

›ste, pour réfuter Nott sur le terrain où il a acquis ce ›pelle « son expérience médicale », il suffit d'ouvrir son › et de partir des faits mêmes qu'il renferme, en se bor- es compléter par quelques autres, sur lesquels il garde ce. Voici quelques propositions que je trouve énoncées ıt de l'ouvrage sur l'hybridité qui figure dans la col- si connue sous le nom de *Types of mankind*. Je me e de citer celles qui se rapportent à notre sujet actuel, iduis littéralement :

Les mulâtres sont, de toutes les races humaines, celle a vie la plus courte.

Ils sont moins capables que les blancs ou les noirs de er la fatigue et le travail. » — Ceci est en contradic- ›c ce que disent tous les auteurs.

.es mulâtresses sont particulièrement délicates. Elles uvaises reproductrices, mauvaises nourrices, sujettes ›rtements, et leurs enfants meurent généralement

Lorsque des mulâtres se marient entre eux, ils sont 'éconds que lorsqu'on les croise avec une des souches ›es (*parent stock*). »

.rquez d'abord que tout ce que Nott dit de la faiblesse e des mulâtres tendrait précisément à écarter l'idée lation. En effet, nous avons vu, chez les végétaux et animaux, l'individu hybride gagner en énergie indivi- out ce qu'il perd en fertilité. L'équilibre physiologique pu aux dépens des fonctions qui intéressent la vie de et au profit des fonctions auxquelles se rattache seu- la vie de l'individu. C'est ainsi que, pour n'avoir pas enir compte des travaux européens, Nott apporte ıa propre doctrine un argument des plus forts.

ı à la dernière proposition que j'ai citée de lui, elle ı être vraie sans constituer pour cela une objection Des faits de la même nature se passent, nous l'avons re les races animales. Tous les éleveurs savent que ce s du premier coup qu'on obtient une race croisée ise. Il y a toujours la lutte des deux sangs et le trouble ané qu'elle entraîne, ainsi que je vous l'ai montré cheval anglais croisé avec le cheval auvergnat. Que cette lutte et la neutralisation partielle de forces qui en ré- sulte souvent puissent affecter dans certains cas l'appareil reproducteur, il n'y a rien là que de très-possible et de très- naturel, et le fait général de la fécondité des métissages n'en est pas diminué pour cela.

Quant à ces mots de fertilité et d'infertilité, il faut absolu- ment s'expliquer sur leur valeur. Y a-t-il dans les exemples cités par Nott quelque chose qui rappelle même de très-loin ce qui se passe dans les cas d'hybridation? Vous allez en juger par des chiffres qu'il donne et qui ont bien leur signification. Quelques pages plus loin, par une de ces distractions que je vous ai déjà signalées chez l'auteur américain, il perd de vue son thème général pour passer à d'autres considérations. C'est ainsi qu'il arrive à donner les renseignements suivants sur trois familles de sang mêlé vivant ensemble dans une plantation qui appartenait à l'un de ses amis.

1° Une tierceronne unie à un mulâtre avait eu de lui quatre enfants en bonne santé. 2° Un mulâtre et une négresse avaient une famille de douze enfants se portant tous très-bien. 3° Une mulâtresse et un nègre en avaient treize, également bien con- stitués. Est-ce, je vous le demande, une mauvaise reproduc- trice et une mauvaise nourrice que la femme qui enfante et nourrit treize enfants robustes?

Disons plutôt qu'en réalité, lorsqu'il en vient aux chiffres, Nott ne fait que confirmer les dires d'autres voyageurs qui s'accordent pour attester la fécondité remarquable des mulâ- tresses.

Mais voici qui est plus significatif encore. Vous avez vu combien les propositions de Nott sont formulées d'une manière absolue et générale. Cependant quelques lignes plus loin, il déclare qu'elles ne sont vraies que pour la Caroline du Sud. Il reconnaît que, sur d'autres points des États-Unis, on trouve des mulâtres robustes, vivant longtemps, pères de nombreuses postérités, ainsi que des mulâtresses très-fécondes dans leurs unions avec ces mulâtres, et de plus fort bonnes nourrices, si l'on en juge par la santé de leurs enfants. Il cite, entre autres lieux où les choses se passent ainsi, la Nouvelle-Orléans, c'est-à-dire la Louisiane, Mobile ou la Floride, et la Pensacola, c'est-à-dire l'Alabama.

Pour expliquer cette contradiction, Nott a recours à une hypothèse qui rappelle à certains égards les idées de Knox. Il admet que la Louisiane, la Floride et l'Alabama n'ont été colonisés et peuplés que par des Français ou par des Espagnols, tous plus ou moins croisés de Basque, c'est-à-dire d'un sang très-voisin, selon lui, du sang africain. D'un autre côté, la Caroline du Sud n'est habitée que par des Anglo-Saxons, qui sont, suivant Nott, les seuls hommes méritant véritablement le titre de blancs, tandis que les Espagnols et les Français, ainsi que nous venons de le dire, seraient des espèces plus ou moins voisines du nègre. Voilà pourquoi, conclut Nott, les mulâtres de la Caroline, fils de nègres et d'Anglo-Saxons, sont généralement faibles et peu féconds, tandis que dans la Loui- siane, la Floride et l'Alabama, les mulâtres, fils de nègres et d'Espagnols ou de Français, sont forts et vigoureux. Cette con- clusion a été adoptée par quelques anthropologistes français.

Remarquez d'abord qu'une pareille manière de raisonner est en opposition flagrante avec les conséquences générales de l'hybridation, puisque, dans ce dernier cas, le produit est toujours plus fort physiquement et individuellement, tandis que Nott le suppose plus faible que dans le cas d'un métis- sage. Cependant je laisse de côté cet argument ; j'accepte éga-

lement des hypothèses aussi gratuites que celles de la supériorité de l'Anglo-Saxon sur le Français et l'Espagnol au point de vue de la pureté du sang blanc; je suppose même vraie l'hypothèse si singulière de la parenté du Celte et du Basque avec le nègre. S'ensuit-il que la conclusion de Nott soit le moins du monde justifiée?

L'histoire répond formellement que non. A la rigueur, on pourrait la soutenir pour la Nouvelle-Orléans, qui, à titre d'ancienne colonie française, compte encore dans sa population de nombreux descendants de nos compatriotes qui s'y sont établis au commencement du XVIII[e] siècle. Il y a là certainement beaucoup de mulâtres français. Mais, dès la fin du siècle dernier, cette ville, ainsi que la Louisiane, est tombée entre les mains des Anglais pour passer bientôt après aux États-Unis; en sorte qu'aujourd'hui les Anglo-Saxons sont bien près d'y être aussi nombreux que les colons d'origine française. Donc, pour conclure ainsi que le fait Nott, il faudrait supposer une chasteté et une réserve absolues dans les rapports de ses compatriotes avec la race nègre, il faudrait que tous les mulâtres fussent des demi-sang français ou espagnols. Il est évident qu'il en est tout autrement.

Admettons cependant que l'assertion soit fondée en ce qui touche la Louisiane; il reste encore la Floride et l'Alabama, et ici l'opinion de Nott devient absolument inadmissible, tellement l'histoire de ces provinces lui donne un démenti formel.

En effet, la Floride n'a été, à vrai dire, colonie espagnole que de nom. A peine quelques représentants de la métropole en habitaient-ils la capitale. Le reste du pays était occupé presque exclusivement par les Indiens. Cédée aux Anglais en 1763, elle fit retour à l'Espagne pendant douze ou quinze ans. Mais Bartram, qui a parcouru en tous sens cette colonie en 1744, et dont le témoignage est d'ailleurs des plus sérieux, a trouvé partout une population indigène; à peine a-t-il rencontré quelques trafiquants anglais. C'est d'ailleurs cette langue que parlaient les naturels dans leurs rapports avec les étrangers, ce qui indique assez que les Espagnols n'étaient guère connus dans le pays. Bartram lui-même, en arrivant à Talahasochte, fut salué en anglais par un Indien. Depuis, Tocqueville et Michel Chevalier, qui ont visité ces contrées, n'y ont vu aussi que des Anglais.

A moins donc de nier l'évidence, il faut admettre que la Floride a été colonisée par des Anglo-Saxons, et que ses habitants actuels se rattachent tous à cette origine commune. Si donc il y a des mulâtres, c'est le sang des *seuls vrais blancs* qui coule dans leurs veines; et si ces mulâtres sont vigoureux et féconds, si leur population s'entretient par elle-même sans recruter au dehors des éléments nouveaux, ainsi que le reconnaît Nott lui-même, c'est que les métis d'Anglo-Saxon et de nègre ont un sang d'égale valeur à celui des mulâtres de Français ou d'Espagnol.

Ce qui est vrai de la Floride l'est peut-être plus encore de l'Alabama. Ce territoire, en effet, était autrefois la patrie des Kreeks supérieurs, qui en ont été expulsés assez récemment par les États-Unis; les habitants sont par conséquent tous de race anglo-américaine. Vous voyez par là qu'il suffit d'opposer Nott à lui-même pour le réfuter, et pour démontrer que l'Anglo-Saxon produit avec le nègre des métis tout aussi féconds que les demi-sang français ou espagnols.

Mais vous voyez en même temps que le même croisement peut ne pas donner partout un résultat identique, car j'accepte parfaitement, non-seulement les observations d'Etwick et de Long dans leur *Histoire de la Jamaïque*, les faits eux-mê[mes] que Nott signale dans la Caroline du Sud, et ceux que M. [...] monot, homme bien connu pour être un esprit série[ux] a observés dans nos colonies de l'Afrique occidentale.

Aussi ces questions de fécondité indéfinie des races ne so[nt-] elles pas aussi simples qu'on le croit d'ordinaire; non qu'il résulte le moindre doute sur la qualité du croisement, [...] je vous démontre être certainement et dans tous les cas [de] métissage, mais parce que les actions de milieu viennent co[m]pliquer le problème d'éléments étrangers que nous étudier[ons] l'année prochaine sous le nom général d'acclimatation.

Nous avons encore à répondre au sujet de l'homme [à la] troisième question que nous avons examinée lorsqu'il s['est] agi des végétaux et des animaux. Nous avons vu que le cr[oi]sement d'un groupe humain à l'autre était toujours féco[nd] et que les produits de premier sang l'étaient également; n[ous] devons nous demander si cette fécondité se continue de gé[né]ration en génération, autrement dit, s'il se forme vraim[ent] des races humaines métisses.

J'ai déjà répondu à cette question en citant le fait gén[éral] de fusion qui se passe en Amérique entre trois des grou[pes] les plus éloignés d'origine, anthropologiquement comme g[éo]graphiquement, le blanc, le noir et le rouge. Je pour[rais] m'en tenir là. Mais, en présence de certaines affirmati[ons] et de l'assurance avec laquelle on les répète, je dois ajou[ter] quelques détails.

En réalité, personne n'ose nier qu'il n'existe actuellem[ent] des races métisses. Le fait domine de trop haut toutes les t[héo]ries. Mais on cherche à l'amoindrir, à l'atténuer; on se jette sur des hypothèses et sur des possibilités devant se r[éa]liser dans l'avenir. Knox veut bien reconnaître qu'il y a [des] métis en Amérique, mais il déclare qu'ils ne tarderont p[as à] disparaître dès que leur population cessera d'être entrete[nue] par le croisement direct. Donne-t-il à l'appui de cette as[ser]tion un fait, au moins une raison plausible? Pas le moin[dre] monde, il se borne à émettre sa proposition.

Passons encore en revue quelques faits généraux. M. d'O[ma]lius d'Halloy, dans la dernière édition de son *Anthropolo[gie]* porte à un milliard la population du globe. Ce chi[ffre] est peut-être un peu faible. M. Boudin est arrivé à c[elui] de 1200 millions environ; acceptons cependant celui [de] M. d'Omalius. Le savant géologue a calculé que le nom[bre] total des métis était de 12 350 000. Ils représenteraient d[onc] $\frac{1}{81}$ de la population du globe. Et ces métis, remarquez-le bi[en] ne sont pas les produits d'unions entre races voisines, com[me] le sont par exemple les différentes races européennes, m[ais] du croisement de types très-éloignés. Leur production [n'a] donc pu s'établir dans une proportion un peu notable [que] depuis les grandes découvertes modernes. Or, le Cap, ape[rçu] en 1486, n'a été doublé qu'en 1497. L'Amérique n'a été [dé]couverte qu'en 1492, et le croisement avec les races eu[ro]péennes n'y a pas commencé immédiatement. On ne p[eut] donc en réalité faire remonter les débuts du métissage à [plus] de trois siècles; et cependant les métis comptent déjà p[our] $\frac{1}{81}$ dans la population du globe! D'un autre côté, ce chi[ffre] ne doit pas être réparti d'une manière égale dans tous [les] pays. Il est en effet des contrées dans lesquelles le métis[sage] a été facilité et hâté par telle ou telle circonstance; c'est [ce] qui est arrivé dans l'Amérique du Sud, où la proportion [des] métis dépasse de beaucoup $\frac{1}{81}$. Le tableau que je mets [...]

ıx vous donnera une juste idée de l'extension qu'a prise oduction.

Population métisse de quelques États d'Amérique.

	ANNÉES.	BLANCS.	NÈGRES.	INDIENS.	MÉTIS.
ı...	1824	1 360 000	8 400	3 430 000	1 360 000
ıla.	1824	190 000	10 000	965 100	320 000
e..	1824	600 000	470 000	854 600	720 000
...	1824	475 000	70 000	1 150 000	305 000
...	1830	843 000	1 987 000	300 000	628 000
Total...		3 468 000	2 545 400	6 699 700	3 333 000

Total général = 16 046 100.

ɔrt approximatif de la population métisse à la population un cinquième.

:hiffres sont déjà anciens. J'aurais pu en intercaler un x plus récents; mais j'ai préféré, ayant d'ailleurs toute :e sur leur exactitude, que tous se rapportassent à peu la même époque, pensant que la comparaison serait cile à faire. Mais soyez persuadés que, depuis leur date ıne, le métissage a marché. Ils sont d'ailleurs bien cer- ent inférieurs à la réalité, même pour l'époque à la- ils ont été pris. En effet, dans les contrées où le préjugé ʒ est moins répandu que dans d'autres, l'homme à peu anc est considéré et compté comme blanc. Au Brésil, ımple, on accepte comme blancs véritables des demi- récusables ; il suffit pour cela qu'un individu de cette ·ie se soit fait dans la société une position honorable. u'il est cependant, le tableau précédent est instructif hiffre final qui fait figurer les métis pour un cinquième . population totale des États en question.

nous pourrions pousser plus loin la rigueur de nos iations, et faire, en particulier pour certaines provinces métissage est plus actif que partout ailleurs, le calcul ıs venons de faire pour quelques États. Nous arrive- ı trouver des districts entièrement peuplés de métis. rince de Saint-Paul au Brésil est dans ce cas. Plus tard, parlerai avec détail de ces *Paulistas*, métis d'Indiens, : joué un rôle considérable dans l'histoire du Brésil. d'hui, je me borne à emprunter à M. Martin de Moussy, ıaît si bien ces contrées, quelques chiffres relatifs à ssement rapide de cette population.

1808	209 218 hab.
1814	211 928
1864	572 000

ce dernier chiffre sont compris les habitants de la :e de Parana, qui a été récemment détachée.

nent peut-on croire qu'une population métisse qui aussi rapidement soit près de disparaître des lieux où roissement a jusqu'ici été si facile ?

ɨalité, la fécondité indéfinie des croisements humains, ssage se prouve comme Socrate prouvait le mouve- qu'on avait nié devant lui, il marche ! En face de ces ·, un certain nombre de polygénistes acceptent bien le ıis ne veulent pas qu'il démontre l'existence de races nent dites dues au métissage.

et Turnham, dans les *Crania britannica*, formulent pinion de la manière suivante : « Nous rencontrons nfusion de sang opérée sur une vaste échelle, mais herchons en vain une race nouvelle. » Ils concluent à la pluralité des espèces.

En vérité, après les faits dont nous avons fait la revue en les empruntant à l'histoire générale des êtres organisés, une pareille conclusion est bien étrange. Quoi ! la confusion du sang, le mélange à tous les degrés, l'existence d'intermédiaires en nombre infini entre les types des groupes les plus éloignés anthropologiquement, mais que des accidents sociaux ont juxtaposés dans les mêmes contrées, tous ces faits si bien du domaine du métissage seraient maintenant invoqués comme preuve d'un croisement entre espèces différentes ! Mais c'est précisément le contraire qu'il faut en conclure : où sont, je vous le demande, les deux espèces végétales ou animales dont le croisement est suivi de phénomènes de cette nature ? Au contraire, s'agit-il de l'union de races abandonnées à elles-mêmes, s'agit-il des chats de gouttière ou des chiens des rues, on rencontre partout des faits identiques.

Que signifie donc la phrase de Davis et Turnham ? Veulent-ils qu'on leur montre une race parfaitement arrêtée et assise résultant de ces croisements humains ? Mais, chez les animaux même soumis à l'empire de l'homme, une race métisse n'arrive à la fixation complète de ses caractères qu'avec le temps, des soins extrêmes, une sélection vigilante, et après une suite plus ou moins nombreuse de générations, toutes les fois surtout que les éléments mis en présence de part et d'autre sont quelque peu complexes.

Un éleveur du centre de la France, M. Malingié, désirait créer une race ovine qui pût, par la qualité de sa chair et de sa laine, rémunérer son élevage, tout en conservant le sang des races locales. Comme le simple croisement des moutons du pays ne l'eût pas conduit au résultat voulu, il commença par ébranler les caractères des races tourangelles, berrichonnes et solonaises en les croisant entre elles de toutes façons. Puis il unit les produits avec la race new-kent pour obtenir une qualité de chair convenable. Enfin il croisa les métis eux-mêmes avec les mérinos pour faire acquérir à la laine les caractères qu'il désirait. Ainsi s'est formée cette race charmoise que j'ai vue depuis servir à son tour d'élément d'amélioration pour les races limousines ; mais pour la constituer, il n'a pas fallu moins de vingt-cinq ans, c'est-à-dire une suite de vingt-cinq générations entourées de soins assidus et soumises à une sélection des plus attentives.

Or, quand il s'agit des croisements humains, il ne peut être question ni de soins analogues, ni de sélection. Les races humaines sont dans leurs unions absolument abandonnées à leurs instincts. Aussi la confusion des caractères, pour employer l'expression de Davis et de Turnham, doit-elle se prolonger pendant une période plus longue. En outre, la fusion n'est pas complète ; car, à côté des produits d'un premier croisement, subsistent encore les groupes purs dont l'intervention incessante entretient la variété des mélanges. C'est ainsi qu'en réalité les choses se passent en Amérique.

Si l'existence de grandes races métisses bien assises n'est pas encore possible, on connaît du moins quelques localités dans lesquelles, grâce à des circonstances exceptionnelles, les métis se sont trouvés isolés. Alors la race s'est fixée promptement. En sorte que si des exemples irrécusables de fécondité indéfinie chez les métis ont échappé à Davis et à Turnham, c'est évidemment qu'ils n'ont pas voulu ou qu'ils n'ont pas su le voir. En effet, Prichard avait cité les trois exemples suivants : 1° Les Papouas à tête de vaudrouille, décrits pour la première fois par Dampier, et résultant du croisement des Malais avec les Mélanaisiens. 2° Les Cafusos, ou métis de nègres africains

et d'américains indigènes. 3° Les Griquas, nés de l'union des Hollandais et des Hottentots.

Ces trois exemples ont été contestés par les polygénistes, qui ont essayé d'en dénaturer la signification. Il est nécessaire que nous en disions quelques mots.

Les Papouas à tête de vaudrouille ont reçu plusieurs noms qui leur ont été donnés par divers voyageurs : on les a appelés Alforas, Haraforas, Harafourous, Alfoers et Papous-Malais. Or, quelques polygénistes ont présenté ces différences de dénomination comme indiquant une grande incertitude sur leur compte. Autant dire qu'en botanique ou en zoologie, une plante ou un animal varie avec les noms divers sous lesquels on l'aura décrit. Au contraire, la plupart des voyageurs, et dans le nombre nos compatriotes Quoy et Gaimar, dont l'opinion a été confirmée par Lesson, décrivent ces Papouas comme étant des métis purs qui tiendraient le milieu, au point de vue physique, entre les deux races mères. Ils sont remarquables par leurs cheveux si épais et si frisés, qu'ils forment un véritable feutrage.

On a dit que ce groupe n'occupait que la petite île de Waigiou, et l'on a voulu conclure de son cantonnement qu'il formait une espèce. Il y a là tout simplement une erreur. Loin d'être cantonnée, cette population est diffuse ; elle se trouve répandue sur les limites de la Papouasie et jusque sur la côte septentrionale de la Nouvelle-Guinée. On la rencontre presque partout où les Malais sont en contact avec les Mélanaisiens, et elle peuple en entier un certain nombre d'îles.

D'un autre côté, on a présenté ces Papouas, tantôt comme petits de taille et faibles, tantôt au contraire comme forts et robustes. C'est, disent les polygénistes, une preuve concluante qu'il n'y a pas eu métissage. Pour nous, cependant, cette double nature des Papouas vient complétement à l'appui de l'opinion de Quoy, de Gaimar et de Lesson, qui voient en eux des métis purs. En effet, il existe dans la population mélanaisienne deux types de nègres qui n'avaient pas été distingués jusqu'ici, et qui présentent justement les caractères opposés qu'on rencontre également chez les Papouas. L'un est petit et faible, l'autre robuste avec des formes athlétiques. Que le même élément malais se soit uni à ces deux races de nègres, le croisement avec chacune d'elles n'a pu donner naissance au même type.

Si conforme, cependant, que soit cette observation aux dires des voyageurs, la confirmation historique nous fait défaut jusqu'ici, et nous n'avons pas assisté au développement de cette population. Les polygénistes peuvent donc dire des Papouas ce qu'ils disent de toutes les races, et regarder tous leurs caractères comme originels.

Le même faux-fuyant n'est plus admissible lorsqu'il s'agit des Cafusos et des Griquas, car ces deux races sont de formation récente et ont grandi en quelque sorte sous nos yeux. Leur histoire a donc une grande importance. Les Cafusos sont des Zambos, c'est-à-dire des métis de nègres d'Afrique et d'Américains. Seulement ils ont reconquis leur liberté, au lieu de rester dans les établissements européens où il en naît tous les jours ayant les mêmes caractères que leurs frères nomades. Ceux-ci se sont réfugiés dans l'intérieur des forêts de Tarama, où ils ont été visités par Spix et Martius, qui les ont décrits. Au dire de ces voyageurs, ils sont en voie de progrès et tiennent physiquement le milieu entre le nègre et l'Américain, à quelques améliorations du type près. Leur chevelure est celle des Papouas, ce qui n'a rien d'étonnant, attendu que les Américains ont la même nature de cheveux que les Malais. Ce rapprochement même nous permet de tirer une induction favorable à l'opinion de l'origine mixte des Papouas à tête de vaudrouille.

Les Griquas forment une population intéressante, qui s'est constituée de nos jours et qui est en bonne voie de progrès. Nous connaissons tous les détails de son histoire, qui a été complétement altérée par quelques écrivains polygénistes.

Dès les premiers temps de la colonisation du Cap, il y a eu de nombreuses unions entre les Hollandais et les Hottentots. Il en est résulté toute une population de métis, les Basters ou Bastards, gens plus actifs et plus intelligents que les indigènes. Tous les voyageurs sont d'accord pour reconnaître que, physiquement, ils tiennent le milieu entre les deux souches, et Prichard l'a répété de la manière la plus formelle, quoiqu'on ait soutenu le contraire. Cependant ces Basters s'étant multipliés au point d'inspirer de la crainte aux colons hollandais, ceux-ci leur défendirent par une loi le mariage légitime. C'était les vouer ouvertement à l'inconduite, et, paraissait-il, à une dégénérescence rapide.

Puis, comme leur population ne cessait malgré tout de s'accroître, on les bannit de la colonie. Ils durent franchir les déserts qui séparaient alors le Cap de l'Orange, et ils s'établirent au delà de ce fleuve, menant la vie des *outlaws* et se conduisant en brigands redoutables.

Dès 1799, des missionnaires furent envoyés au milieu d'eux, mais ils essayèrent inutilement de les décider à changer de conduite.

En 1803, deux hommes courageux et persévérants, Anderson et Kramer, consentirent à vivre avec eux et les suivirent pendant cinq ans. Ils obtinrent la conversion au christianisme d'un certain nombre, qui se fixèrent à Klarwater. Ne voulant pas conserver le nom de Basters, qui leur rappelait trop leur origine, ils prirent celui de Griquas, et fondèrent une ville qu'ils appelèrent Griqua-town. Ils y prospérèrent sous la direction de chefs élus dans la famille *Kok*.

Les colons du Cap cependant n'étaient pas sans inquiétude à l'idée du voisinage d'une population aussi progressante ; et le gouvernement envoya un agent officiel, M. Melvil, auquel il donna plein pouvoir.

A la suite de quelques troubles, celui-ci destitua le chef que les Griquas s'étaient donné dans la famille des Koks, et lui substitua André Waterboor, qui se trouvait être un homme remarquable, et qui, n'ayant reçu d'autre éducation que celle d'un simple instituteur, se montra cependant à la hauteur de sa tâche.

Mais cet homme intelligent avait par ses ancêtres du sang de Boschiman dans les veines ; il se rattachait donc à une race aussi odieuse aux Hottentots que les Hottentots eux-mêmes sont regardés comme méprisables par les blancs.

Il avait ainsi contre lui un préjugé des plus violents. En outre, c'était un homme énergique et actif, qui voulut régulariser la vie de ses subordonnés, et faire observer les lois qui s'opposaient au brigandage et à l'abus de liqueurs fortes. Sa sévérité fit des mécontents, qui vinrent grossir le nombre de ceux qui étaient restés attachés à la famille des Koks. Une scission eut lieu ; les adversaires de Waterboor émigrèrent, et fondèrent la ville de Philippolis, qui devint le centre d'une colonie prospère, et qui, placée dans des conditions plus favorables que la première, prit bientôt le dessus.

En 1857, d'après des renseignements fournis par M. Casalis,

r des missions françaises protestantes en Afrique, la
on totale de ces Griquas s'élevait à 10 ou 12 000 âmes.
saient d'un gouvernement régulier et à peu près indé-
, composé d'un chef et de douze conseillers que nom-
peuple assemblé. Les craintes ont redoublé parmi les
u Cap à un point tel, qu'il est défendu de vendre des
feu à la population griqua.
ule objection qu'on puisse faire en face d'un fait aussi
e serait de prétendre que l'accroissement de la popu-
'a résulté que d'adjonctions continuelles qui sont ve-
s doute grossir le noyau primitif. On n'a pas manqué
qu'il en était ainsi. On a supposé que toutes ces ad-
s s'étaient recrutées dans l'élément indigène, et qu'il
eu retour à la souche locale, comme cela arrive à la
une hybridation. Mais c'est une erreur, bien qu'on
pendant d'une manière positive qu'une partie de l'ac-
ent est due à la réunion de quelques Bastards vaga-
d'un certain nombre de Koronas, de Namaquois et de
ans.
donc chez les Griquas une légère prédominance du
igène. Dira-t-on, en invoquant les faits que nous avons
roduire à la suite de l'hybridation, que c'est à cette
nce qu'il faut attribuer leur persistance et leur fé-
? Il nous est facile de prévenir cette objection, et d'y
e par les faits que présente l'histoire des Basters pro-
dits. En effet, à côté de ceux de ces métis qui sont
les Griquas, il en est d'autres qui sont restés dans les
de la colonie du Cap, et qui y ont aussi fondé leurs
ments, entre autres la Nouvelle-Platberg. Là, du
s sont restés sans mélange. Aussi sont-ils, mieux en-
les Griquas, des intermédiaires, dans toute la force
e, entre les deux races dont ils sont les métis. Ils ont
plus claire et les cheveux moins crépus que leurs
le Philippolis. Or, les voyageurs parlent non-seule-
la prospérité de la population adulte, mais du grand
d'enfants qu'ils ont vus s'ébattre autour de chaque
Ils ont réfuté ainsi, sans y songer, une objection dont
upçonnaient même pas l'existence.
enfin un événement dont Prichard n'a pas parlé, que
énistes oublient, et dont nous aurons à nous occuper
nts points de vue, car il est remarquable sous bien des
. Aujourd'hui, je n'en parlerai que dans ce qu'il peut
prendre relativement à la constitution des races mé-
fait s'est passé à Pitcairn, et il se rapporte au croise-
la race anglaise avec une population polynésienne.
87, la *Bounty*, navire anglais, fut chargé d'aller à Taïti
r des plants d'arbre à pain, destinés à être importés dans
s colonies de la Grande-Bretagne. Le commandant,
Bligh, était un homme peu sociable et vivait dans
intelligence constante avec ses officiers; il était d'ail-
testé de l'équipage. Le navire, une fois sa mission
revenait de Taïti en 1789, lorsque éclata une révolte
Le commandant fut mis dans une chaloupe avec les
qui lui étaient restés fidèles. Je me hâte de dire que
eureux purent gagner, après une traversée remplie
, une colonie espagnole d'où ils furent rapatriés en
re. Le reste de l'équipage retourna à Taïti; puis
à s'établir à Tabouai, petite île voisine, mais il en fut
ar les naturels. Les Anglais revinrent alors à Taïti,
tardèrent pas à se séparer. Les uns se fixèrent dans
dis que les autres crurent plus prudent de s'établir
dans un petit îlot appelé Pitcairn, et situé en dehors de la route ordinairement suivie par les navires. On était alors en janvier 1790. Les blancs étaient au nombre de neuf, accompagnés de six Polynésiens ayant chacun leur femme.

La petite colonie ne vécut pas longtemps en bonne intelligence. Les blancs ne tardèrent pas à vouloir abuser des femmes polynésiennes. Les maris de ces dernières se vengèrent en massacrant cinq de leurs rivaux, en sorte qu'il ne resta plus que quatre blancs, qui se retirèrent dans un lieu écarté de l'île où ils se tinrent sur la défensive. Pendant ce temps les Polynésiens étaient en pleine guerre civile. Plusieurs furent massacrés par leurs compatriotes, mais ne tardèrent pas à être vengés par leurs femmes, qui firent périr les assassins de leurs maris. En 1793, il ne restait plus, de 30 personnes dont s'était composée à un moment la colonie, que 4 blancs, 10 polynésiennes et quelques enfants. On vécut alors dans un état de polygamie ou plutôt de promiscuité absolue; bientôt deux des quatre blancs périrent: l'un, Mac Quoy, à la suite d'une chute qu'il fit étant ivre; le second, Quintal, tué par les deux autres qu'il avait menacés. En 1799, il ne restait plus que deux Anglais, Young et Adam.

A partir de ce moment, tout changea. Les deux derniers survivants comprirent la terrible leçon du passé, et résolurent de mener une tout autre vie. Young ne tarda pas à mourir. Adam, resté seul, entreprit de régénérer une population qui n'avait connu jusqu'alors que le désordre et les guerres.

Il accomplit d'une manière remarquable cette noble tâche. Le capitaine Beechey, qui visita Pitcairn en 1825, nous a laissé le témoignage de son admiration et de sa surprise, en face de cette population remarquable par ses caractères physiques, intellectuels et moraux. Les habitants de la colonie étaient des métis avec une légère prédominance de sang polynésien, qui avait imprimé son cachet sur le nez, les lèvres et le teint. On y voyait quelques yeux bleus ou gris, quelques cheveux clairs et bouclés. Leur taille était élevée, leur force physique extraordinaire, leur intelligence prompte et active, leur désir d'apprendre très-vif. Leurs mœurs étaient admirables, leur religion vraie et bien sentie, leur sobriété absolue. La fidélité à la parole donnée était scrupuleusement gardée. George Adam et Polly Young s'aimaient; mais la première, encore petite-fille, avait dit qu'elle n'épouserait jamais le jeune Adam. Aux yeux des deux amants, ce vœu était une barrière infranchissable qui les condammait l'un et l'autre au célibat.

Quant à la rapidité de l'accroissement de la population, les chiffres suivants vous en donneront une idée. De 1790 à 1825 elle avait été portée de 30 à 66 individus. Elle avait ainsi plus que doublé en trente-six ans, malgré les massacres et les désordres, si bien faits pour diminuer la fécondité d'une race. En 1856, la colonie comptait 189 membres; elle avait ainsi, cette fois, plus que triplé en trente et un ans. La proportion même des femmes et des hommes, de 96 pour ces derniers et de 93 pour les premières, montre bien qu'il n'y avait pas eu d'adjonctions nombreuses venant du dehors. Je n'ai trouvé mentionnée que celle d'un homme pendant toute cette période.

En 1856, l'îlot de Pitcairn était déjà trop petit pour la population qui s'y était multipliée. Les colons, ne voulant pas se séparer, émigrèrent en masse à Taïti, et furent transportés de là, par le gouvernement anglais, dans l'île de Norfolk. Que sont-ils devenus dans cette colonie de déportés, nous ne le savons pas. Mais l'histoire de ces métis de Polynésiens et d'A

glo-Saxons, dont la fertilité entre eux est si évidente, n'en a pas moins, telle que nous la connaissons, une double importance. Nous voyons d'abord que, sous l'empire de circonstances favorables, les groupes humains les plus divers se croisent facilement et donnent naissance à des suites de métis indéfiniment féconds, et qui se multiplient bien plus rapidement que ne le font les populations européennes, puisque nous voyons leur nombre tripler en moins de trente ans. De plus, ces faits nous éclairent sur les phénomènes qui accompagnent cette formation de races métisses. Au reste, c'est un point sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

Cependant, lorsqu'on cite ces exemples aux polygénistes, ils répondent qu'ils ne portent que sur de petites peuplades, et qu'on ne peut conclure de ce qu'ils nous apprennent pour un nombre restreint d'individus à ce qui a lieu dans les grandes formations. Je vous laisse juge de cette défaite. Mais depuis quand les lois varient-elles suivant qu'il s'agit de groupes peu nombreux ou d'agglomérations considérables? Précisément parce que les éléments sont ici en petit nombre, les faits sont aussi concluants que possible. Ils ont en effet toute la valeur que dans les sciences physiques et chimiques on attache à ces expériences de laboratoire qui conduisent à la découverte des lois les plus générales. N'est-il pas évident que si l'anthropologiste avait voulu s'éclairer par l'expérimentation sur le croisement du blanc et du Polynésien, il n'aurait pu souhaiter une expérience organisée dans de meilleures conditions que celle à laquelle se sont involontairement soumis les révoltés de la *Bounty*?

Concluons que les groupes humains les plus éloignés donnent naissance, par leur croisement, à des races métisses qui, dans des circonstances favorables, se multiplient rapidement et d'une manière continue.

Ainsi, en tout et partout, les croisements humains nous offrent les caractères du métissage, et les objections mêmes qu'on fait à cette opinion nous ramènent invinciblement à l'idée que « les groupes humains sont autant de races d'une même espèce ».

Arriver à cette conclusion était le but de mon enseignement de l'année. J'avais à vous faire partager sur ce point des convictions auxquelles mon esprit s'attache d'une manière plus entière et plus étroite de jour en jour. Je m'estimerai heureux si j'ai pu y parvenir.

Et maintenant permettez-moi de vous remercier de la persévérance avec laquelle vous avez bien voulu suivre les détails de cette longue démonstration. Votre assiduité a été pour moi le plus constant des encouragements comme la meilleure des récompenses. Permettez-moi d'y voir quelque chose de plus que j'ose à peine nommer une promesse.

Tout se tient en anthropologie. Selon le sens dans lequel on résout le problème qui nous a occupés cette année, certaines questions générales et une foule de questions spéciales existent ou n'existent pas, ou bien se résolvent dans des sens fort différents. Vous avez suivi la démonstration du principe; je me plais à penser que vous voudrez en voir se dérouler les conséquences : elles seront le principal objet de notre enseignement de l'an prochain. C'est donc avec l'espoir de vous retrouver encore attirés, comme vous l'avez été jusqu'ici, par l'intérêt des questions anthropologiques, que je me sépare aujourd'hui de vous.

Arm. Angliviel.

Appendice à la leçon XXXVI

M. de Quatrefages a parlé plusieurs fois dans son cours de la race des bœufs *gnata* ou *niata*, observés dans les républiques de l'Amérique du Sud (voyez surtout notre tome V, page 657, 12 septembre 1868, et le présent volume, page 221, 6 mars 1869). L'existence de ces bœufs camards, à titre de race, avait été contestée, en particulier par M. A. Sanson. M. A. Sanson vient de communiquer à l'Académie des sciences de Paris des renseignements recueillis au Mexique et qui mettent hors de doute, de son propre aveu, l'existence de la *race* gnata dans ce pays. C'est là une confirmation complète de l'opinion soutenue par M. de Quatrefages; car si la race gnata existe certainement au Mexique, il n'y a plus de motif pour rejeter le témoignage de ceux qui l'avaient observée sur les bords de la Plata. D'ailleurs la controverse aurait perdu tout intérêt au point de vue de la théorie de l'espèce.

Voici l'article de M. A. Sanson :

L'existence d'une race de bœufs, appelés *niata* ou *niassa*, dans l'Amérique méridionale, a été affirmée par quelques naturalistes qui l'ont considérée comme ayant une origine tératologique, et contestée par d'autres; en sorte qu'il était permis et même commandé de conserver des doutes sur un fait qui ne se présentait point avec des caractères scientifiques. Pourtant une description, donnée par M. Owen, d'un crâne recueilli par M. Darwin et conservé au Musée du Collége des Chirurgiens de Londres, aurait pu établir une forte présomption en faveur de la solution affirmative de la question, s'il avait été prouvé que ce crâne ne provenait point d'une anomalie purement individuelle. L'individu, en effet, ne suffit pas pour affirmer la race, qui comporte nécessairement plusieurs familles se reproduisant suivant un type déterminé.

Les doutes de ce genre appellent de nouvelles recherches. Désirant, pour mon compte, arriver à une solution sur ce sujet qui concerne mes études habituelles, je me suis mis à l'œuvre, et j'ai fini par apprendre qu'il existait en réalité au Mexique des troupeaux entiers des animaux dont il s'agit. Il sont appelés *Tchata* (Chata), ce qui, dans la langue du pays, signifie *camard* ou *camus*. Grâce au concours amical de M. Jules Laverrière, ancien directeur de l'École d'agriculture de Mexico, et après bien des démarches et une longue attente, je suis parvenu à me procurer des photographies exécutées au Mexique d'après mes indications. Je les mets sous les yeux de l'Académie. Elles représentent, de face et de profil, une vache du type *niata* ou *tchata*, des environs de Mexico, photographiée vivante, de telle sorte qu'on y peut facilement étudier ses caractères extérieurs.

On y remarquera d'abord l'absence des cornes frontales et la forte saillie du chignon, correspondant à la protubérance occipito-frontale du crâne, la grande largeur relative du frontal et la brièveté exceptionnelle du reste de la face, dont la ligne nasale, rentrante à la manière de celle du chien-dogue, se termine par un mufle très-large, mais ne présentant d'ailleurs rien d'anormal. Contrairement à ce qui avait été induit d'après la description crâniologique de M. Owen, les lèvres s'affleurent parfaitement et tiennent la bouche fermée. Les ouvertures nasales, bien qu'un peu relevées, ne sont point non plus situées dans une direction verticale, comme on l'avait dit.

Le seul caractère particulier à ce type, dont l'existence ne peut plus être maintenant douteuse, est donc l'excessive brièveté de la face, due à la brièveté même des os propres du nez. Rien n'autorise à ne point le considérer comme naturel, au même titre que tous les autres, dont l'origine nous est également inconnue.

FIN DU COURS DE M. DE QUATREFAGES.

Faculté de médecine de Paris.

Physiologie (les lundis, mercredis et vendredis, à midi). — M. Longet (de l'Institut) ouvrira son cours le lundi 5 avril. Il exposera cette année les *fonctions du système nerveux*.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

)URS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ME ANNÉE NUMÉRO 18 3 AVRIL 1869

Paris, 2 avril 1869.

ıce d'une période glaciaire que la terre a traversée que relativement récente est un fait généralement ıjourd'hui, mais qui avait rencontré la plus grande é parmi les savants, lorsque M. Agassiz l'affirma pour re fois en 1837, à Neuchâtel, dans son discours d'ou- la session de la Société helvétique des sciences na- a belle exploration scientifique du bassin de l'Ama- M. Agassiz a terminée il y a quelque temps, lui a constater, dans la région équatoriale elle-même, le cette période glaciaire pendant laquelle le globe était recouvert de glaciers et placé dans des condi- ıtériques analogues à celles où se trouvent aujour- ôles. Dans ses promenades aux environs de Rio-Ja- npereur du Brésil avait remarqué de nombreuses cheuses qui lui rappelaient, par leur aspect, les des- des blocs erratiques d'Europe, et il s'empressa de er à M. Agassiz qui reconnut que c'étaient bien en locs erratiques transportés par l'action des glaciers. siz pense que tout le bassin de l'Amazone s'est formé la période crétacée; on a trouvé des roches ou des ıne époque plus ancienne que des causes diverses is au jour, mais nulle part M. Agassiz ni M. Coutinho, it dans cette partie de ses recherches, n'ont trouvé e trace de roche tertiaire.

pe idéale, qui résume les observations de M. Agassiz, s couches suivantes : 1° *Sable grossier* formant la rift. 2° *Argile plastique bigarrée* sur laquelle crois- orêts inondées. 3° *Argile feuilletée* à couches très- ec indications fréquentes de clivage dans lesquelles z a trouvé des feuilles de plantes dicotylédonées t identiques avec les espèces actuellement vivantes lée de l'Amazone. 4° *Croûte d'argile sableuse*, très- *Formation de grès* tantôt stratifié et compacte, verneux et entremêlé de masses d'argile, tantôt pré- ous les caractères d'une stratification torrentielle. le *drift argilo-sableux sans stratification* occupant s inégalités du sol résultant de la dénudation des tratification torrentielle. C'est dans ce drift que ssiz et Coutinho ont trouvé de vrais blocs erratiques , ayant un mètre de diamètre.

que le sable grossier n° 1 apparaît partout au ni- basses eaux, c'est-à-dire qu'il suit la pente générale lée, montre incontestablement que le dépôt de cette n ne remonte pas à une époque antérieure à l'exca- e la vallée elle-même. L'épaisseur totale du drift amazonien ne dépasse pas 300 mètres ; il couvre tout le bassin de l'Amazone, depuis les Andes du Pérou et de Bolivie jusqu'au cap Saint-Roch; c'est-à-dire que c'est la formation du drift la plus colossale que l'on connaisse. Comment ce drift s'est-il formé? M. Agassiz n'hésite pas à le rapporter à l'époque glaciaire, dans ses deux phases primitive et dernière, et il ne peut l'expliquer que par ce qu'il appelle un hiver cosmique ou universel, qui aurait duré plusieurs milliers de siècles. Il n'a pu y avoir là qu'un glacier d'abord, puis ensuite un immense lac formé par la débâcle du glacier, avec la moraine frontale tournée vers l'océan Atlantique et lui servant de barrière. Par une cause ignorée, cette barrière a été rompue, et les eaux se sont écoulées, d'abord pour raviner profondément les formations dues à la *croûte d'argile sableuse*, et n'en laisser que des débris çà et là, comme aux monts Cupati, Éreré, Monte Allegre; puis, une seconde catastrophe a donné à la vallée de l'Amazone et au lit du fleuve sa forme actuelle. M. Agassiz avoue franchement qu'il n'a pas trouvé ces inscriptions glaciaires, telles que stries, surfaces polies et cailloux striés, qui sont si caractéristiques des régions traversées par les anciens glaciers de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Mais c'est, dit-il, parce que, dans toute la vallée de l'Amazone, on ne voit nulle part une surface de roche formant le fond du bassin, et que les roches du drift elles-mêmes sont tellement friables, et que leurs décompositions par les pluies torrentielles et chaudes des tropiques sont si rapides, qu'il n'y a pas d'espoir de trouver jamais sur leurs surfaces ces traces qui sont si bien conservées dans des climats plus froids et sur des roches plus dures. Suivant M. Agassiz, la vallée de l'Amazone s'est étendue primitivement beaucoup plus vers l'est, au moins jusqu'à la hauteur du cap Saint-Roch; et il pense que c'est à cette longitude à peu près que devait exister la moraine frontale qui bouchait et terminait la vallée de l'Amazone. Par des phénomènes d'abaissements et de courants combinés, toutes les côtes du bassin de l'Amazone sont fortement attaquées, rongées et envahies par l'océan Atlantique; et, au lieu d'avoir un delta, l'Amazone présente le curieux, et peut-être unique exemple, du plus grand fleuve de la terre, avec les inondations périodiques les plus importantes, envahi et détruit, petit à petit, par les vagues de l'Océan qui emportent tout et disséminent les matériaux terrestres dans les profondeurs inconnues de l'Atlantique. Cette action destructive et envahissante de l'Océan est tellement visible, que dans la baie de Braganza, à côté de l'embouchure actuelle de l'Amazone, la côte a reculé de 200 mètres, en dix années seulement.

Nous empruntons ces détails à une lecture fort intéressante de M. J. Marcou à la Société géologique de Paris.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

CHIMIE ORGANIQUE

COURS DE M. L. TROOST

Leçon d'ouverture. — Constitution des corps organiques

Depuis 1865, M. Pasteur est allé, chaque année, en mission dans le midi de la France, pour combattre la maladie des vers à soie et conjurer la ruine de plusieurs de nos départements séricicoles. Ses beaux travaux sur les maladies des vins et sur les fermentations, son dévouement bien connu à la science, l'avaient naturellement désigné pour cette tâche difficile.

La confiance que l'administration et les savants avaient placée en lui n'a pas été trompée. A la fin de la campagne de 1867, le problème était résolu en principe; il ne restait plus qu'à en vérifier la solution complète dans les dernières applications. Aussi, l'an passé, libre de toute préoccupation de ce côté, heureux de sa nomination à la Sorbonne, nomination qu'il regardait comme la récompense de toute sa vie scientifique, M. Pasteur se consacrait avec ardeur à la préparation de son cours; il désirait vivement exposer devant vous ses idées et ses travaux, encore imparfaitement connus.

Au dernier moment, une mission nouvelle, imposée à son dévouement par le ministre de l'agriculture et du commerce, l'a forcé, à son grand regret, à reculer d'une année le moment où il prendrait possession de sa chaire. Il n'a cédé que devant les instances réitérées du ministre et de ses collègues de l'Institut, qui craignaient de voir le succès de ses recherches compromis par une application mal dirigée.

A son retour, M. Pasteur s'est hâté de rédiger l'ensemble des résultats qu'il avait obtenus, de manière à mettre à néant les contradictions et les réclamations qui venaient sans cesse traverser ses travaux, et qu'on aurait pu croire adressées à un homme moins complétement étranger aux intérêts matériels de la question. C'est quand il terminait ce travail, quand il allait pouvoir prendre quelques jours de repos, qu'au milieu du mois d'octobre dernier, une maladie cruelle est venue lui enlever momentanément ses forces physiques, tout en lui laissant la totalité de sa belle intelligence. Et, le jour même où il était si cruellement frappé, ses amis ont pu voir sur son bureau les ouvrages de M. Chevreul ouverts devant les notes qu'il prenait pour le cours qu'il comptait faire cette année. Aujourd'hui, sa guérison fait heureusement de rapides progrès, elle sera bientôt complète. Trahi par ses forces, et voulant néanmoins utiliser ses loisirs forcés, il s'est fait transporter à Alais, sur le champ même de ses expériences, pour surveiller une dernière fois l'application des procédés dont il vous exposera lui-même, l'an prochain, les résultats définitivement acquis et consacrés par plusieurs années de pratique. C'est assez vous dire que je n'ai pas la prétention de suppléer M. Pasteur, mais bien de le remplacer momentanément (1).

Les métalloïdes ont été classés, comme vous le voyez sur ce tableau, en quatre familles naturelles comprenant : la première, le chlore, le brome et l'iode; la seconde, l'oxygène, le soufre, le sélénium et le tellure; la troisième, l'azote, le phosphore et l'arsenic; la quatrième, enfin, le carbone, le bore et le silicium. Quant à l'hydrogène, c'est un corps à part; il ne ressemble à aucun autre métalloïde.

Si, laissant un instant de côté la première famille, nous examinons les trois dernières, nous pouvons faire une remarque importante au point de vue de l'étude qui doit nous occuper : c'est que le corps, placé en tête de chaque groupe, présente des propriétés exceptionnelles qui l'éloignent des corps suivants. Ainsi l'oxygène est, dans la première famille, le seul corps qui forme, avec l'hydrogène, un composé neutre, et neutre, non-seulement vis-à-vis des réactifs de la chimie, mais aussi vis-à-vis de l'organisme; les autres forment des acides, et ces acides ont, sur l'économie animale, une action extrêmement énergique. Dans la seconde famille, l'azote seul donne, avec l'hydrogène, une base puissante; enfin, dans la troisième, le carbone est le seul corps qui donne, avec l'hydrogène, un grand nombre de composés, et ces composés n'ont ni les propriétés des bases, ni celles des acides.

Voilà donc quatre corps : hydrogène, oxygène, azote et carbone, qui ont des propriétés exceptionnelles les éloignant, non-seulement les uns des autres, mais encore de tous les corps dont on voudrait les rapprocher. Trois d'entre eux sont toujours gazeux à l'état libre, et, en se combinant deux à deux, ils donnent des combinaisons gazeuses, ou du moins volatiles. Le carbone est solide à l'état libre; mais les composés qu'il forme, en se combinant avec l'un quelconque des trois autres, sont en général susceptibles de prendre l'état aériforme. Enfin, ces éléments existent dans l'atmosphère, soit libres, comme l'oxygène et l'azote, soit combinés deux à deux à l'état de vapeur d'eau, d'acide carbonique ou d'ammoniaque. Ces corps sont donc sans cesse en contact les uns avec les autres; ils subissent les actions si variées de la chaleur et de la lumière solaire; ils subissent l'influence des êtres animés et inanimés qu'on rencontre à la surface du sol. Devons-nous donc nous étonner de les voir former entre eux un grand nombre de composés? devons-nous surtout nous étonner de ce que ces composés aient des allures un peu différentes de celles des composés dans lesquels entrent les autres corps simples? Évidemment, non. Il n'y a évidemment rien que de très-naturel à voir des corps à propriétés exceptionnelles donner, en se combinant entre eux, des composés doués eux-mêmes de propriétés exceptionnelles.

Tous ces composés, qui constituent les matières organiques, prennent naissance dans les organes des végétaux, aux dépens des gaz de l'atmosphère, c'est-à-dire de l'oxygène, de l'azote, de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de l'ammoniaque. Ce travail incessant du règne végétal ne tarderait même pas à changer la composition de l'air que nous respirons, et, par suite, les conditions de la vie à la surface de la terre, si un travail inverse ne venait sans cesse rétablir l'équilibre.

Les matières complexes formées dans la plante sont bientôt brûlées et ramenées à leurs éléments ou à leurs combinaisons les plus simples : eau, acide carbonique et ammoniaque, et cette oxydation, cette combustion est réalisée par les animaux, car tout animal qui respire, brûle la plus grande partie des matières qui servent à son alimentation. C'est ainsi que les herbivores ramènent à l'état d'eau et d'acide carbonique le carbone et l'hydrogène des plantes dont ils se nourrissent. Quant aux carnivores, ils ne font que continuer l'œuvre commencée par les herbivores, ils continuent la transformation

(1) M. V. de Luynes, qui a fait le cours l'an passé, a été nommé depuis professeur au Conservatoire impérial des arts et métiers. Nul doute que le brillant succès qu'il a obtenu à la Sorbonne n'ait contribué à lui gagner les suffrages de ses éminents collègues.

atières élaborées par le règne végétal : c'est ainsi qu'en live, le lion mange de l'herbe quand il dévore une vache. ırnivores eux-mêmes doivent restituer à l'atmosphère ' qu'ils n'ont pas transformé, et cette œuvre de simpli-n dernière est accomplie par les infiniment petits de la ; animée, dont M. Pasteur a si bien étudié le rôle, et ıous aurons à parler à propos des fermentations.

s avons donc là un cercle continu de réactions qui, par-s éléments de l'atmosphère, déterminent la formation mposés les plus variés, les plus complexes, et les ramè-nsuite à ces mêmes éléments. En présence de cette admi-ıarmonie, dont les lois leur étaient complétement incon-n comprend que les chimistes, désespérant de reproduire e de ces substances, aient longtemps cru à l'interven-ystérieuse d'une force particulière, la force vitale, agis-ır des procédés complétement différents de ceux dont isposons dans nos laboratoires. On comprend surtout le ɔir des chimistes français du XVII siècle, qui, dans le but erminer la constitution des substances végétales et ani-les soumettaient à l'action du feu. Après avoir, pendant années, fait passer successivement dans leur cornue la t des plantes et des animaux, ils arrivaient à cette con-. peu encourageante : Toutes les substances végétales males, quelles que soient leurs propriétés caractéris-quelles que soient les différences qui les éloignent, ıt toujours les mêmes produits quand on les soumet à llation, et les propriétés de ces produits n'ont aucun : avec celles des corps dont ils proviennent. Quand, par e, dans une cornue semblable à celle que vous avez ı les yeux, ils distillaient successivement le froment et 5, l'aliment et le poison, ils obtenaient exactement le résultat. Dans le récipient, ils trouvaient de l'eau et une Le gaz qui se dégageait était toujours un gaz combus-ns la cornue, le résidu ne variait pas davantage : c'était s du charbon et rien que du charbon pur ou mêlé aux s minérales qui constituent les cendres.

vous donner une idée de ces expériences, j'extrais :ès-verbaux des séances de l'Académie des sciences les s suivants :

:ompagnie étant assemblée, le 14 juillet 1667, M. Bour-a fait voir l'analyse (par le feu) de quarante crapauds ivants. Il y en avait qui étaient gardés depuis dix-huit dans un panier, et ceux-là sentaient fort mal ; ils ıut deux livres onze onces, et plus. On en a tiré trente-nces trois gros de liqueur (1), etc., qui précipitent de sublimé.

autre jour, on procède à la distillation d'un melon ıtier, dont on avait seulement ôté les graines, et dont ds était de cinq livres. La liqueur fut partagée en neuf s, qui se trouvèrent toutes, à l'exception de la pre-, médiocrement acides. »

i les sujets d'expérience proposés le 3 novembre 1669, e celui-ci :

re l'analyse de l'urine, pour savoir ce qui fait sa vertu s goutteux et contre les vapeurs. »

ont les résultats informes dont, pendant trente ans, mie encombra ses registres.

ıreil insuccès, une impuissance aussi avérée d'hommes s et consciencieux, jeta nécessairement un grand dis-ır la chimie, et ses progrès s'en ressentirent longtemps. ait cependant pas tout à fait la faute de la science, car, depuis longtemps, les Arabes connaissaient l'alambic et savaient en tirer des produits appréciés. En soumettant le vin à l'action du feu, ils en séparaient le principe enivrant, l'alcool ; en opérant d'une manière analogue avec d'autres matières organiques, ils en retiraient des produits odorants : des essences, des esprits, des quintessences, etc. ; et, cette méthode était si bien appropriée à son objet, qu'elle est encore suivie de nos jours.

Aujourd'hui, les Arabes ne sont plus seuls à faire des distillations : on utilise constamment ce procédé, soit pour séparer des liquides inégalement volatils, soit pour obtenir des dédoublements très-nets, par l'action de la chaleur sur certains composés bien définis. C'est ainsi que l'acide gallique, préparé à l'aide de la noix de galle, donne, quand on le chauffe à 210 degrés, de l'acide carbonique et un acide volatil qu'on a appelé acide pyrogallique. C'est ainsi que l'acide malique, qui existe dans les pommes, peut se dédoubler en eau et en un autre acide qu'on a appelé acide maléique. D'une manière générale, quand on soumet à l'action d'une température convenable un acide fixe, il se produit de l'eau ou de l'acide carbonique, ou les deux à la fois, en même temps qu'un acide volatil, qui ne diffère que par les éléments de l'eau et de l'acide carbonique, de l'acide fixe soumis à la distillation. Telle est la loi simple que Pelouze a désignée sous le nom de *loi de la distillation blanche*, ou *loi des acides pyrogénés*.

Les expériences des chimistes français, tout imparfaites qu'elles aient été, ont cependant été utiles. Elles ont établi, d'une manière définitive, que les matières organiques, dans leur plus grand état de complication, ne contiennent que quatre corps simples, comme je vous le disais en commençant, et encore beaucoup de substances n'en contiennent que deux ou trois. C'est ainsi que si nous chauffons dans cette cornue de l'essence de citron, de manière que ses vapeurs soient obligées de traverser un tube de porcelaine chauffé au rouge, elle se décompose en carbone, qui se dépose dans le tube, et en hydrogène, qu'on va recueillir et enflammer. Voici un tube semblable dans lequel l'expérience a été faite d'avance ; ses parois intérieures sont tapissées de charbon pur.

Le sucre, qui contient du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, soumis de même à l'action de la chaleur, donnera de plus de l'eau, du vinaigre, des carbures d'hydrogène et de l'oxyde de carbone. Nous pouvons, à l'aide du papier bleu de tournesol, constater les propriétés acides du liquide obtenu. Enfin, la gélatine, qui renferme en outre de l'azote, chauffée dans ce tube, va nous donner des gaz alcalins, comme nous pouvons le reconnaître en présentant un papier de tournesol rouge ; ces gaz sont un mélange d'ammoniaque ordinaire et d'ammoniaque composée. Ainsi se trouve démontré ce que je vous annonçais d'abord : toutes les matières organiques sont constituées avec les éléments de l'eau, de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, c'est-à-dire, avec les éléments qui existent dans l'atmosphère : oxygène, azote, hydrogène et carbone, toujours du carbone ; aussi a-t-on pu dire que la chimie organique est la *chimie du carbone*.

Nous venons de parler de substances cristallisées, comme le sucre ; de substances volatiles, comme les essences. Toutes les substances qui sont ainsi caractérisées par des propriétés que nous sommes habitués à trouver dans les matières miné-

(1) *L'Académie des sciences et les académiciens de 1666 à 1793*, par J. Bertrand, membre de l'Institut.

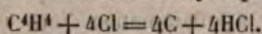
rales, toutes les substances susceptibles, par exemple, de cristalliser ou de fondre, ou de se volatiliser à une température constante, toutes ces substances sont appelées des *substances organiques*. On désigne plus spécialement, sous le nom de *substances organisées*, celles qui constituent la fibre intime de nos tissus, et qu'on rencontre dans les liquides nourriciers des végétaux ou des animaux. Ces substances se forment toutes dans les végétaux, qui sont chargés de les élaborer pour les fournir à l'alimentation animale. Elles ne cristallisent jamais; elles ne peuvent pas, sans se décomposer, passer de l'état solide à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état gazeux : telles sont la fibrine et la gélatine. Les substances organiques et les substances organisées sont d'ordinaire comprises dans l'expression plus générale de *matières organiques*. Elles sont en nombre très-considérable, quoique formées, au plus, avec quatre éléments.

Ce n'est pas à dire qu'aucune substance organique ne puisse contenir un des autres corps simples, mais les exemples en sont rares; vous les connaîtrez presque tous quand je vous aurai dit que le phosphore est un des éléments qui entrent dans le cerveau, et que le soufre entre dans la bile, dans le blanc d'œuf et dans les essences d'ail et de moutarde.

Quant aux corps de la famille du chlore, du brome et de l'iode, si nous n'en avons pas encore parlé, c'est que la nature ne s'en sert jamais directement pour former des matières organiques; s'ils se rencontrent dans la séve des plantes, dans le sang des animaux, c'est à l'état de chlorures, bromures ou iodures alcalins, c'est-à-dire à l'état de composés minéraux qui resteront comme cendres, après la combustion des matières organiques. Mais, si la nature ne les emploie jamais, il n'en est pas de même des chimistes, et c'est même en faisant agir ces corps sur les matières organiques, qu'ils sont arrivés aux méthodes les plus générales pour découvrir la constitution de ces matières : aussi dois-je insister d'une manière toute spéciale sur cette action.

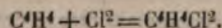
Le résultat de l'action du chlore varie du reste beaucoup avec la manière dont on le fait agir; c'est ce dont nous allons nous convaincre facilement.

Mélangeons, par exemple, un volume de gaz oléifiant, C^4H^4, avec le double de son volume de chlore, 4Cl. Si nous approchons une bougie allumée de l'orifice de l'éprouvette qui contient le mélange, nous verrons une flamme rouge au centre, verte sur les bords, descendre jusqu'au fond du vase, tandis qu'un nuage de charbon, entraîné par un gaz très-acide, s'élève dans l'atmosphère. Ici le corps aura été ramené à ses éléments, carbone qui reste libre, et hydrogène qui s'unit au chlore pour former de l'acide chlorhydrique :



$$C^4H^4 + 4Cl = 4C + 4HCl.$$

Nous allons répéter l'expérience devant vous, et constater l'acidité du gaz par le tournesol. Rien de pareil ne se produit si, après avoir fait, comme on le réalise ici, le mélange à volumes égaux de chlore et de gaz oléifiant, on l'abandonne sur l'eau à la température ordinaire; le volume des gaz va diminuer peu à peu, et à la surface de l'eau on verra se former des gouttelettes huileuses qui vous expliqueront le nom de gaz oléifiant par lequel j'ai désigné le carbure d'hydrogène employé. La réaction produite ici est une combinaison des deux gaz :

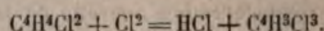


$$C^4H^4 + Cl^2 = C^4H^4Cl^2.$$

Nous avons, comme vous le voyez, des résultats très-différents, suivant la manière dont nous opérons.

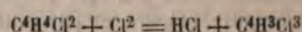
Le brome et l'iode peuvent, comme le chlore, se combine[nt] avec le gaz oléifiant, et les produits ainsi obtenus ont, entre le[s] mains de M. Wurtz, conduit à d'importantes découvertes.

Si maintenant, prenant le liquide huileux qui commenc[e] à se former ici, nous le soumettons de nouveau à l'action pr[o]longée du chlore, nous aurons une réaction nouvelle et trè[s] importante. Un équivalent d'hydrogène sera d'abord enle[vé] par un équivalent de chlore pour former un équivalent d'acid[e] chlorhydrique, mais en même temps, et c'est sur quoi j'atti[re] toute votre attention, l'équivalent d'hydrogène enlevé ser[a] remplacé dans le corps par un équivalent de chlore :

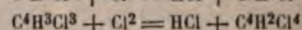


$$C^4H^4Cl^2 + Cl^2 = HCl + C^4H^3Cl^3.$$

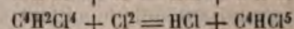
Si l'action se prolonge, nous pourrons enlever successiv[e]ment encore 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène, et chaque équ[i]valent d'hydrogène enlevé sera remplacé par un équivale[nt] de chlore. De sorte qu'en définitive, on aura les diverses réa[c]tions écrites ici sur le tableau :



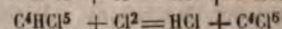
$$C^4H^4Cl^2 + Cl^2 = HCl + C^4H^3Cl^3$$



$$C^4H^3Cl^3 + Cl^2 = HCl + C^4H^2Cl^4$$



$$C^4H^2Cl^4 + Cl^2 = HCl + C^4HCl^5$$

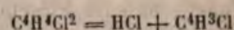


$$C^4HCl^5 + Cl^2 = HCl + C^4Cl^6$$

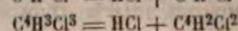
Dans tous ces corps, les propriétés physiques et chimiqu[es] présentent la plus grande analogie; le point d'ébulliti[on] s'élève lentement :

$C^4H^4Cl^2$ bout à 82°,5
$C^4H^3Cl^3$ bout à 115°
$C^4H^2Cl^4$ bout à 137°
C^4HCl^5 bout à 153°
C^4Cl^6 bout à 182°

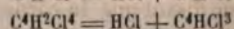
Sous l'influence d'une dissolution alcoolique de potass[e] chacun de ces corps perd de l'acide chlorhydrique, et don[ne] un corps qui n'est autre que le gaz oléifiant primiti[ve]ment employé, et dans lequel un ou plusieurs équivale[nts] d'hydrogène ont été remplacés par autant d'équivalents [de] chlore :



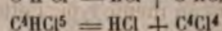
$$C^4H^4Cl^2 = HCl + C^4H^3Cl$$



$$C^4H^3Cl^3 = HCl + C^4H^2Cl^2$$



$$C^4H^2Cl^4 = HCl + C^4HCl^3$$



$$C^4HCl^5 = HCl + C^4Cl^4$$

Dans tous ces corps, le chlore a perdu la propriété d'êt[re] décelé par son réactif ordinaire, l'azotate d'argent.

M. Dumas, qui, le premier, a signalé l'importance de c[es] réactions, en a fixé le mécanisme dans une loi remarquab[le] connue sous le nom de *loi des substitutions*, et que nous po[u]vons énoncer de la manière suivante : « Quand un cor[ps] » hydrogéné est soumis à l'action déshydrogénante du chlor[e], » du brome, de l'iode, etc., pour chaque atome d'hydrogè[ne] » qu'il perd, il gagne un atome de chlore, de brom[e], » d'iode, etc. »

L'action est d'ailleurs la même, soit que le corps contien[ne] de l'oxygène ou qu'il n'en contienne pas, à moins cependa[nt] que l'oxygène et l'hydrogène ne s'y trouvent à l'état d'ea[u]; dans ce dernier cas, l'hydrogène enlevé n'est pas rempla[cé] par du chlore.

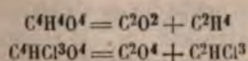
Cette loi est d'une importance très-grande, elle est fo[n]damentale en chimie organique; les remarquables trava[ux] de Laurent ont pleinement confirmé, en l'étendant mêm[e], la théorie de M. Dumas.

Ainsi nous arrivons à cette conclusion. Le chlore, le brom[e]

peuvent être introduits dans un corps organique sans érer l'équilibre, sans en modifier la structure, et, en y ant, ils perdent pour ainsi dire leurs propriétés carac- ques. Si l'on renouvelle plusieurs fois l'action du chlore, me ou de l'iode de manière à enlever des quantités de n plus grandes d'hydrogène, les propriétés physiques imiques essentielles du corps primitif se retrouvent es dérivés chlorés; elles ne se modifient que lentement degrés, quand on passe du composé fondamental à la des composés chlorés qui peuvent résulter de sa méta- iose. Cette considération nouvelle de la conservation opriétés a conduit M. Dumas à la théorie des *types chi-* qui devait avoir une grande influence sur les dévelop- its de la chimie organique.

certain nombre de substances peuvent, en effet, être érées comme de véritables moules dans lesquels les substituants viennent se ranger, en perdant leurs qualités es et sans changer la forme, et par suite, les propriétés ule-type.

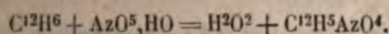
t ainsi qu'en faisant agir le chlore sur le vinaigre, , sous l'influence des rayons solaires, M. Dumas a é 3 équivalents d'hydrogène, les a remplacés par 3 lents de chlore, et obtenu ainsi du vinaigre chloré, O⁴. Et ce vinaigre chloré est acide comme le vinaigre ire; il sature la même quantité de base; il donne des nt les propriétés présentent la plus grande analogie s propriétés des sels formés par le vinaigre ordinaire. ls, en présence des alcalis, donnent lieu à des réactions bles :



$$C^4H^4O^4 = C^2O^2 + C^2H^4$$
$$C^4HCl^3O^4 = C^2O^4 + C^2HCl^3$$

là donc un acide organique qui contient une très-grande ité de chlore et qui n'offre aucune des réactions du ; l'hydrogène y a été remplacé par du chlore, et l'acide rouvé de cette modification qu'un léger changement opriétés physiques; tous les caractères essentiels de la nce sont demeurés intacts. Quoi de plus naturel que imer ce fait en disant que le corps primitif et le corps it appartiennent au même type. Cette théorie a reçu une ration nouvelle le jour où M. Melsens, en substituant ement l'hydrogène au chlore, a prouvé qu'on pouvait er de l'acide trichloracétique à l'acide acétique ordi-

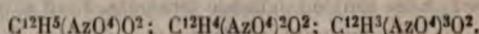
s verrons plus tard comment cette théorie a servi de de départ à une autre théorie des types, celle des types ulaires, dont je n'ai pas à vous entretenir en ce moment. chlore, le brome et l'iode ne sont pas les seuls corps qui nt remplacer l'hydrogène d'une substance organique. erlich et Laurent ont les premiers constaté que lors- fait agir l'acide azotique sur certains carbures d'hydro- comme la benzine par exemple, on peut avoir à la fois ation d'un équivalent d'hydrogène qui se combine avec ène de l'acide pour former de l'eau, et remplacement ydrogène éliminé par l'acide hypoazotique :



$$C^{12}H^6 + AzO^5,HO = H^2O^2 + C^{12}H^5AzO^4.$$

ur réaliser l'expérience, dans ce ballon contenant de e azotique, j'ajoute une certaine quantité de benzine; s avoir une vive réaction, et si au bout de quelques mi- je verse le produit dans l'eau, j'obtiens un liquide hui- qui tombe au fond du vase; ce n'est plus évidemment de la benzine, car ce dernier corps versé dans ce second verre reste à la surface de l'eau. Le produit que nous avons obtenu ne diffère de la benzine que par la substitution d'un équivalent d'acide hypoazotique à un équivalent d'hydrogène; c'est la nitrobenzine obtenue pour la première fois par Mitscherlich. En faisant agir de nouveau l'acide azotique sur la nitrobenzine, M. H. Sainte-Claire Deville a réussi à déplacer et à remplacer un nouvel équivalent d'hydrogène, et a obtenu la binitrobenzine, $C^{12}H^4(AzO^4)^2$.

Si l'on fait réagir, comme l'a fait Laurent, l'acide azotique sur l'acide phénique, $C^{12}H^6O^2$, on peut déplacer successivement 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène, et les remplacer par autant d'équivalents d'acide hypoazotique, AzO^4. On obtient ainsi :



$$C^{12}H^5(AzO^4)O^2;\ C^{12}H^4(AzO^4)^2O^2;\ C^{12}H^3(AzO^4)^3O^2.$$

Tous ces composés sont acides comme l'acide phénique; ils saturent la même quantité de base. Le dernier n'est autre que l'acide picrique, qui forme avec la potasse un sel dont le maniement ne doit se faire qu'avec précaution; il est employé dans les amorces; introduit dans une arme à la place de poudre, il la brise. Vous avez pu voir, en passant sur la place de la Sorbonne, les affreux désastres qu'a occasionnés avant-hier soir l'explosion d'une quantité un peu considérable de ce corps.

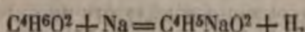
L'acide hypoazotique joue donc ici un rôle analogue à celui du chlore, du brome et de l'iode. L'analogie n'est cependant pas complète, car si nous faisons agir l'hydrogène sur la nitrobenzine, nous obtiendrons un résultat tout à fait différent de celui que M. Melsens a obtenu avec l'acide trichloracétique. Au lieu de reproduire le composé primitif, nous enlèverons seulement de l'oxygène au composé nitré; l'azote restera. Et ceci est un phénomène général : en faisant agir l'hydrogène sur un composé chloré obtenu par substitution, on revient au corps primitif; tandis qu'en faisant agir ce métalloïde sur un composé nitré, on enlève bien de l'oxygène, mais l'azote reste. Nous avons donc là un moyen général d'introduire de l'azote dans une substance organique.

Le corps qu'on obtient en réduisant la nitrobenzine, est l'aniline, la base des belles matières colorantes dont les remarquables travaux de M. Hofmann ont fait connaître la constitution.

L'action de l'acide nitrique doit d'ailleurs, de même que celle du chlore, être convenablement appliquée. Nous pourrions avoir des phénomènes d'oxydation complète, de combustion vive, en agissant avec moins de précaution. C'est ainsi que si l'on verse de l'acide azotique sur de l'essence de térébenthine, il y a inflammation. Nous aurons à plus forte raison combustion vive avec dégagement de chaleur et de lumière, si nous chauffons l'acide dans un tube de manière à faire agir les vapeurs sur une matière organique très-divisée, des crins par exemple, que nous aurons placés à la partie supérieure du tube. L'acide azotique peut enfin, dans certains corps, se substituer aux éléments de l'eau, comme dans le coton; on obtient alors les combinaisons nitriques dont les propriétés explosives, depuis Schönbein, ont si vivement excité l'attention publique.

Nous venons de voir qu'on peut introduire dans les substances organiques des métalloïdes et des composés jouant le rôle de métalloïdes; il était dès lors naturel de se demander si l'on pourrait y introduire aussi des métaux. L'expérience a répondu affirmativement. Mettons, par exemple, dans cette

cornue qui contient de l'alcool absolu, un fragment de sodium; une vive effervescence se produit; le gaz qui se dégage n'est autre que l'hydrogène, tandis que le métal le remplace équivalent à équivalent :



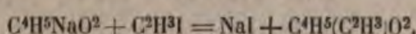
$$C^4H^6O^2 + Na = C^4H^5NaO^2 + H.$$

Les belles recherches de M. Frankland et celles de MM. Hofmann et Cahours ont montré qu'on peut introduire presque tous les métaux dans les substances organiques.

Dès qu'on réussit à introduire dans les substances organiques des métalloïdes et des métaux, des corps doués de propriétés chimiques très-énergiques et très-différentes, il n'y a aucune raison pour ne pas chercher à appliquer dans toute leur étendue les lois de la chimie minérale. C'est ainsi qu'on est arrivé à employer la méthode des doubles décompositions, et à reconnaître que l'influence des conditions physiques de volatilité et d'insolubilité énumérées dans les lois de Berthollet permet de réaliser avec les matières organiques, comme avec les matières minérales, un très-grand nombre de réactions.

Cette méthode est devenue d'une application générale depuis les découvertes de M. Williamson sur les éthers mixtes, et celles de Gerhardt sur les acides organiques anhydres : c'est aujourd'hui un des procédés les plus féconds de la chimie organique.

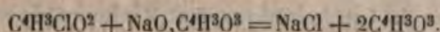
Si l'on fait réagir, par exemple, comme l'a fait M. Williamson, l'alcool sodé que nous venons d'apprendre à préparer, sur un composé iodé C^2H^3I (iodure de méthyle), comme de la double décomposition peut résulter un composé plus volatil que les corps en contact, ce composé prend naissance et se dégage ; il reste dans la cornue de l'iodure de sodium :



$$C^4H^5NaO^2 + C^2H^3I = NaI + C^4H^5(C^2H^3)O^2.$$

Le composé volatil qui se forme ici est l'éther mixte méthyléthylique.

De même, si nous faisons réagir sur l'acétate de soude fondu le composé $C^4H^3ClO^2$ (chlorure d'acétyle), qui résulte de l'action de l'oxychlorure de phosphore sur l'acide acétique, nous aurons encore double décomposition par suite de la volatilité de l'un des produits possibles de cette réaction, et l'on recueillera de l'acide *acétique anhydre* :



$$C^4H^3ClO^2 + NaO,C^4H^3O^3 = NaCl + 2C^4H^3O^3.$$

J'insiste sur cette réaction, parce qu'elle a permis à Gerhardt d'obtenir les acides organiques anhydres ; et chose digne de remarque, la gloire de cette découverte était réservée à celui-là même qui avait passé la plus grande partie de sa vie scientifique à nier la possibilité de l'existence des acides organiques anhydres. C'est ainsi que tout s'enchaîne dans la science : ce qui était impossible la veille devient très-facile le lendemain, par suite de l'introduction d'idées nouvelles et de procédés nouveaux.

L'introduction dans la chimie organique d'un ensemble de méthodes générales et de procédés réguliers empruntés à la chimie minérale a permis aux chimistes de décomposer les corps complexes en corps moins riches en carbone et en hydrogène. Les composés nouveaux ainsi obtenus sont quelquefois identiques avec des produits naturels; quelquefois ils en diffèrent, mais alors ils n'en fournissent pas moins des renseignements très-utiles sur la constitution des composés organiques dont ils proviennent.

C'est grâce à ces méthodes générales, à ces procédés, qu'o a pu arriver à poser les bases d'une classification fond sur les fonctions chimiques des corps et sur les relations g nérales qu'un certain nombre d'entre eux présentent les u avec les autres. C'est ainsi, par exemple, qu'on a pu group avec le gaz oléifiant, C^4H^4, un certain nombre de carbure C^6H^6, C^8H^8, $C^{10}H^{10}$, etc., qui diffèrent les uns des autres par u même corps, C^2H^2. Les corps dans lesquels on trouve u pareille relation ont des propriétés semblables; ils sont di *homologues*, et leur ensemble constitue ce qu'on appelle u *série homologue.*

Chacun de ces carbures peut d'ailleurs donner naissan à des composés qui présentent de grandes analogies avec l composés formés par les autres. Ainsi le gaz oléifiant, en combinant avec 2 équivalents d'oxygène, donne un aldéhyd $C^4H^4O^2$; en s'unissant à 4 équivalents d'oxygène, il donne acide, $C^4H^4O^4$; en se combinant avec 2 équivalents d'eau, donne un alcool, etc. :



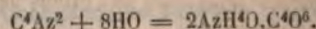
Chaque carbure donnera de même un aldéhyde, un aci analogue au vinaigre et un alcool ; et tous leurs acides sero homologues entre eux, tous les alcools seront homologues l uns des autres, etc.

Ces classifications simplifient d'une manière très-heureu l'étude des composés organiques dont le nombre va sa cesse en croissant avec les progrès de la science.

Pendant que les méthodes analytiques tendaient chaq jour à assimiler davantage les lois auxquelles obéissent l phénomènes de la chimie organique et ceux de la chim minérale, un certain nombre de résultats synthétiques naient prouver que les substances organiques, que pend longtemps on avait désespéré de reproduire, pourraient bi dans un avenir peu éloigné être reconstituées de toutes piè à l'aide de substances purement minérales et par les procé de nos laboratoires.

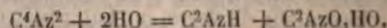
Ainsi, on sait depuis longtemps reproduire le cyanogè par la combinaison directe du carbone et de l'azote en pr sence d'une base minérale. L'ammoniaque peut aussi former directement par l'union de l'azote et de l'hydrogèn

Or, le cyanogène une fois produit, il suffit de le mettre contact de l'eau pour avoir plusieurs acides organiques. T est, par exemple, l'acide oxalique, qu'on a longtemps reti uniquement de l'oseille :



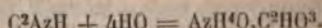
$$C^4Az^2 + 8HO = 2AzH^4O,C^4O^6.$$

Tels sont aussi les acides cyanhydrique et cyanique :



$$C^4Az^2 + 2HO = C^2AzH + C^2AzO,HO.$$

L'acide cyanhydrique lui-même donne avec l'eau un aut acide organique, l'acide formique, qu'on obtenait autref en distillant des fourmis rouges dans une cornue :



$$C^2AzH + 4HO = AzH^4O,C^2HO^3.$$

Dès 1829, M. Wöhler, en combinant l'acide cyanique av l'ammoniaque, avait pu faire la synthèse de l'urée, $C^2H^4Az^2$ l'un des principes constituants de l'*urine*.

M. Kolbe avait de même fait la synthèse du *vinaigre*.

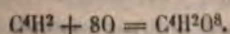
Ce n'est cependant que dans ces dernières années que d méthodes générales de synthèse ont été introduites dans science par M. Berthelot.

synthèses de matières organiques complexes au moyen ncipes plus simples, avaient successivement ramené le me général à la formation d'un petit nombre de prin- fondamentaux. C'est ainsi que la formation de tous les s des alcools a pu être ramenée à celle des carbures rogène correspondants. Celle d'un très-grand nombre s carbures a été ramenée elle-même à celle de l'un l'acétylène, C^4H^2.

fois l'acétylène formé, il est facile de voir comment on ra aux composés les plus complexes. Ainsi l'acétylène gaz, et un gaz incolore; mais si, comme je le fais ici, chauffe dans une cloche courbe, le gaz diminue peu à e volume, il se forme de la benzine $C^{12}H^6$, et divers autres res qui existent dans les goudrons de houille. Voilà donc n moyen d'obtenir des carbures complexes.

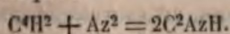
maintenant nous plaçons dans une cornue un composé ivre et d'acétylène avec de la limaille de zinc et de oniaque, nous déterminerons la combinaison de l'acé- avec 2 équivalents d'hydrogène, et nous aurons le gaz nt, avec lequel on peut, comme nous l'avons dit, repro- l'alcool et ses dérivés, ainsi que le glycol et ses com-

oxydant l'acétylène par le permanganate de potasse, on t l'acide oxalique, que nous avons déjà obtenu autre- :



$$C^4H^2 + 8O = C^4H^2O^8.$$

n, en soumettant un mélange d'acétylène et d'azote à n d'une série de fortes étincelles, M. Berthelot a pro- acide cyanhydrique :



$$C^4H^2 + Az^2 = 2C^2AzH.$$

si, l'acétylène, une fois formé, nous permettra de repro- un grand nombre de composés hydrogénés, oxygénés otés.

ons maintenant à quels caractères nous pouvons le re- ître. L'acétylène est un gaz incolore qui brûle avec une e fuligineuse, mais ces propriétés seraient insuffisantes le distinguer. Son réactif caractéristique est le proto- ure de cuivre dissous dans l'ammoniaque. Quelques s de ce réactif introduites dans un flacon qui contient cétylène donnent naissance à un précipité rouge de Ce réactif est tellement sensible, qu'il permet, comme e voyez ici, de constater la présence de l'acétylène dans de l'éclairage, qui en contient à peine quelques mil- s; il permet de constater sa formation dans les com- ns incomplètes : dans celle de l'éther, par exemple, que lise ici sous vos yeux.

te à faire la synthèse de l'acétylène. Voici comment on ve : Dans ce globe de verre, on fait pénétrer par deux ions des tiges métalliques isolées et terminées par des ns de charbon des cornues bien purifié. Ces tiges peuvent, à des caoutchoucs, glisser dans des tubes de verre sans r de communication entre l'air intérieur et l'air exté- Deux autres tubes de verre, traversant les mêmes bou- , permettent l'entrée et la sortie des gaz. On commence asser l'air contenu dans le globe par un courant rapide rogène pur. Le gaz qui se dégage alors n'a aucune action protochlorure de cuivre ammoniacal, comme nous pou- e constater; mais si, mettant les deux tiges en commu- on avec les pôles d'une pile de 50 éléments, nous appro- les charbons jusqu'au contact, nous avons immédiate- ment une étincelle, et il suffit d'éloigner un peu ces charbons pour obtenir un arc brillant. L'hydrogène, en arrivant dans cet arc au contact du charbon, se combine avec lui pour former l'acétylène; aussi le gaz qui se dégage détermine, en passant dans le flacon qui contient le protochlorure de cuivre ammoniacal, un précipité rouge d'acétylure de cuivre. Il suffit de recueillir ce composé et de le chauffer dans un ballon avec de l'acide chlorhydrique, pour avoir l'acétylène pur.

Ainsi se trouve réalisée la synthèse qui relie méthodiquement les composés de la chimie minérale et ceux de la chimie organique.

Dans notre prochaine leçon, nous verrons comment l'analyse des matières organiques par le feu, si impuissante au XVIIe siècle, est devenue, entre les mains de Lavoisier et de ses successeurs, un modèle de précision et de simplicité.

L. Troost.

ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS

M. P. BROCA.

L'ethnologie de la France au point de vue des infirmités (1)

L'Académie de médecine doit son attention à toutes les recherches qui peuvent concourir à la connaissance de l'homme, et, quoique le nom qu'elle porte paraisse l'attirer principalement vers les questions qui se rattachent à l'étude des individus malades, la répartition de ses sections suffit pour montrer que son programme est beaucoup plus général, qu'il embrasse toutes les sciences qui peuvent être mises à contribution par les médecins et par les biologistes. Ce programme s'étend même au delà des limites que sembleraient indiquer les titres de nos sections, car le but des dispositions réglementaires qui nous régissent, est de faciliter la distribution de nos travaux, mais non de leur imposer des bornes; et c'est ce que vous avez compris lorsque vous avez mis à l'ordre du jour de vos séances la question de la population, sans attendre que la statistique, la démographie et la géographie médicales fussent officiellement représentées parmi vous.

J'espère donc que vous accueillerez avec faveur les deux mémoires de statistique anthropologique qui vous ont été présentés par M. le docteur Gustave Lagneau. L'anthropologie en effet tient de si près à la médecine, ou, pour parler plus exactement, à la science médicale, qu'il est impossible d'établir entre elles une ligne de démarcation. L'une et l'autre étudient à la fois l'homme sain et l'homme malade, l'une et l'autre s'appuient sur l'anatomie, sur la physiologie et sur la pathologie; ce qui les distingue, c'est que l'anthropologie ne s'occupe des individus que pour arriver à la connaissance des groupes dont ils font partie, tandis que la science médicale, lorsqu'elle traite de l'homme en général, se propose principalement d'arriver à la connaissance des individus dont elle cherche avant tout à maintenir ou à rétablir la santé. Mais cette distinction est purement théorique, car jamais la médecine ne s'est limitée à l'étude de l'homme considéré comme individu; jamais elle ne l'a isolé de sa famille, de son climat, de son milieu; jamais elle n'a négligé les ques-

(1) Rapport sur deux mémoires de M. Lagneau.

tions d'hérédité, de profession, de genre de vie, d'hygiène publique, d'influence ethnique ou géographique, et elle a toujours inscrit sur son livre d'or l'immortel traité *Des airs, des eaux et des lieux*, que les anthropologistes réclament, eux aussi, comme le premier monument de leur science. Rien ne prouve mieux que cet ouvrage authentique du véritable, du grand Hippocrate, l'union nécessaire de la médecine et de l'anthropologie, et si elles semblent séparées aujourd'hui, c'est que la médecine, plus directement, plus évidemment utile, et s'imposant de tout temps, comme une nécessité en quelque sorte sociale, à tous les peuples plus ou moins civilisés, s'est développée d'âge en âge, comme la civilisation elle-même, et elle a toujours occupé un rang distingué parmi les sciences, tandis que l'anthropologie, dont les progrès sont subordonnés à ceux de la géographie, de l'archéologie, de la linguistique, de la paléontologie, n'a pu prendre son essor et se constituer à l'état de science qu'à une époque récente.

Mais, pour avoir fait séparément leur évolution, ces deux grands embranchements de la biologie humaine, la biologie individuelle et la biologie collective, n'ont pas renié leur antique parenté; et la part considérable, j'ose mieux dire, prépondérante, que les médecins ont prise aux travaux de la Société d'anthropologie en est la preuve éclatante. Par eux, l'anthropologie s'est établie sur le terrain solide de l'anatomie et de la physiologie ; par eux, elle s'est enrichie des faits relatifs à la pathologie comparée des races humaines, à l'acclimatement, aux influences inverses de la consanguinité et des croisements ethniques, aux causes qui amènent la décadence physique des peuples, à celles qui produisent l'affaiblissement numérique et même l'extinction des races. L'anthropologie n'est donc plus seulement aujourd'hui une branche de l'histoire naturelle ; c'est une science qui, par ses applications directes ou indirectes aux questions de médecine et d'hygiène, vient agrandir considérablement le domaine de la science médicale ; et elle ne doit pas craindre d'être reçue avec indifférence dans cette Académie, qui ne veut rester étrangère à rien de ce qui concerne la santé ou la maladie des êtres humains.

Le premier mémoire de M. le docteur Lagneau est intitulé : *Remarques ethnologiques sur la répartition de certaines infirmités en France*. Tous ceux qui ont étudié la question du recrutement de l'armée, savent que l'aptitude au service militaire est très-inégale dans les divers départements, et que la proportion relative des principales causes d'exemption est plus inégale encore. Cependant, lorsque l'on confronte d'année en année les listes d'exemption d'un même département, on trouve que la composition en est peu variable; de sorte que, connaissant les listes des années précédentes, on pourrait ordinairement, sans grande erreur, prédire les résultats du prochain recrutement. Cette fixité des conditions propres à chacune des grandes divisions administratives de notre territoire contraste d'une manière frappante avec la grande diversité que l'on constate lorsqu'on passe de tel département à tel autre, et elle est due évidemment à des causes permanentes qui, dans le même lieu, produisent toujours les mêmes effets. Parmi ces causes permanentes, il en est qui tiennent incontestablement à l'influence des milieux; mais la cause la plus générale, la plus efficace, c'est l'hérédité : car, sans parler de la taille, qui est ordinairement héréditaire, la plupart des maladies ou des infirmités qui motivent les exemptions se rattachent à des prédispositions organiques ou constitutionnelles qui se transmettent fréquemment dans l[es] familles.

Cette question de l'hérédité est une de celles que la méd[e]cine ne pourrait résoudre complétement sans le concours [de] l'anthropologie. L'influence des générations antérieures p[eut] se manifester en effet sous deux formes bien distinctes, q[ui] peuvent même quelquefois paraître contradictoires. L'u[ne] est l'hérédité immédiate ou prochaine, l'*hérédité de famil[le]* étudiée par le médecin ; l'autre est l'hérédité médiate ou él[oi]gnée, l'*hérédité de race*, étudiée par l'anthropologiste. La p[re]mière tend à reproduire, chez les descendants d'un indivi[du] les dispositions morphologiques, physiologiques ou path[o]logiques qui lui sont particulières, c'est-à-dire à perpétu[er] les variations intellectuelles aux dépens de l'uniformité de [la] race; la seconde, au contraire, tend à rétablir cette unif[or]mité en ramenant au type des ancêtres la lignée des individ[us] qui s'en sont plus ou moins écartés. Chez les animaux, ou [les] végétaux soumis aux expériences de sélection artificiel[le,] après avoir systématiquement écarté, pendant un cert[ain] nombre de générations, tous les produits qui retournaient [au] type primitif, on parvient souvent à assurer le triomphe [de] l'hérédité de famille sur l'hérédité de race, à faire un car[ac]tère plus ou moins fixe de ce qui n'était d'abord qu'une [va]riation, à transformer enfin la variété en race. Mais dans [les] conditions naturelles, c'est presque toujours au contra[ire] l'hérédité de race qui finit par triompher, et c'est ainsi q[ue] les types se maintiennent et se perpétuent, malgré les va[ria]tions continuelles qui tendent à les altérer.

L'hérédité de race, dont le principe remonte à des ancêt[res] plus ou moins éloignés, est souvent désignée, à cause de ce[la,] sous le nom d'*atavisme*. Mais les phénomènes d'atavisme d[é]pendent souvent aussi de l'hérédité de famille ; person[ne] n'ignore, par exemple, que certaines anomalies, certai[nes] dispositions morbides peuvent épargner quelques générati[ons] et reparaître dans les générations suivantes.

Les deux influences simultanées et souvent opposées [de] la famille et de la race compliquent déjà beaucoup la qu[es]tion de l'hérédité ; mais cette question devient bien plus co[m]plexe encore dans les pays où la population est issue du cr[oi]sement de diverses races. Il s'établit alors, entre les div[ers] éléments ethniques, une sorte de lutte aboutissant à un p[ar]tage irrégulier, et, tandis que certains individus subiss[ent] presque exclusivement l'influence de l'une des races altéré[es,] d'autres, en général plus nombreux, empruntent à chacu[ne] d'elles quelques-uns de leurs caractères.

Presque toujours cependant, dans ces mélanges ethniqu[es,] il y a une race qui prédomine par le nombre, et qui finit p[ar] exercer, sur les produits du croisement, une action prépo[n]dérante. A chaque nouvelle génération, cette race, qui [est] le plus souvent la race indigène, attire vers son type un no[m]bre croissant d'individus ; et, en absorbant ainsi peu à p[eu] les autres races, elle peut ramener à la longue la popu[la]tion croisée à un état peu différent de celui qui a précédé [le] croisement; jamais toutefois elle ne recouvre sa pureté p[ri]mitive, à moins que le mélange n'ait été fort léger et f[ort] passager ; et même alors l'influence de l'atavisme peut fa[ire] reparaître çà et là, au bout d'un certain nombre de géné[ra]tions, quelques-uns des traits d'un type depuis longtem[ps] oublié.

Voilà pourquoi la population de la France, après av[oir] presque partout subi de nombreux croisements, attestés p[ar]

ire, présente encore aujourd'hui des caractères en rapvec la répartition des trois races qui se partageaient sol au temps de Jules César. Le vainqueur des Gaules ina avec la plus grande précision les limites géogras des Aquitains, des Celtes et des Belges; il ajouta que is peuples différaient entre eux par le langage, les s et les lois, mais il ne parla pas de leurs caractères ues, car les questions anthropologiques ne préoccuguère ce conquérant, pour qui les peuples vaincus nt que des marchepieds. Il est probable toutefois que is races qu'il subjugua étaient bien plus distinctes u'elles ne le sont devenues, depuis que l'occupation ne, l'invasion des barbares, le passage des Sarrasins, issement des Normands, ont introduit dans leurs sangs iveaux éléments ethniques, depuis surtout que l'unité ue, succédant aux nationalités multiples, a favorisé t les déplacements et les mélanges.

roblème anthropologique en est devenu plus complexe s difficile. Mais il n'est pas pour cela devenu insoluble, observateur attentif peut retrouver encore, au milieu populations inégalement croisées, les principaux traits tifs des antiques races de la Gaule. C'est à William ds que revient l'honneur d'avoir le premier engagé la e dans cette voie. Les recherches de cet observateur de 1829. Il y avait déjà quelques années que le grand en Augustin Thierry avait introduit dans l'histoire la de la race; bientôt son frère, Amédée Thierry, applicette donnée importante à l'étude de nos origines nas, avait publié sa célèbre *Histoire des Gaulois*, où l'on u l'ethnologie éclairer d'un jour inattendu les temps ifs de la Gaule. Ce qui avait le plus frappé les esprits, t la démonstration de ce fait, que la distinction établie ésar et par Strabon entre les Celtes et les Belges n'éas seulement politique et géographique, qu'elle était t anthropologique; qu'en d'autres termes, sans parler uitains et des Ligures, de race ibérique, les peuples dus dans l'histoire sous le nom de Gaulois apparteà deux races différentes.

e de ces races, désignée par l'auteur sous le nom de *allique*, et qu'il vaut mieux appeler *celtique*, comprenait iples connus des anciens sous le nom de Celtes; l'autre, ée par lui la *race kimrique*, comprenait, outre les habide la Gaule Belgique, plusieurs autres peuples de la e Bretagne et du continent, et en particulier ces terriimris, Cimmériens ou Cimbres, qui, après avoir donné iom à la région où est aujourd'hui la Crimée, puis à la nèse cimbrique, qui est aujourd'hui le Danemark, t attaquer la république romaine, et ne furent vaincus r Marius.

héorie de M. Amédée Thierry, assise sur de nombreux ients historiques, avait l'avantage de grouper et d'exr d'une manière très-satisfaisante un grand nombre s jusqu'alors confus, et de concilier divers témoignages vaient longtemps paru contradictoires; aussi fut-elle diatement accueillie avec faveur. Il y manquait pourpreuve directe, tirée de l'observation anthropologique, qui caractérise une race, ce n'est ni la langue, ni le ne, ni la nationalité : ce sont les traits du visage, la de la tête, la couleur des yeux et des cheveux, la staen un mot, c'est le type physique. Tant que ces caracrestent indéterminés, la distinction des races n'est qu'une hypothèse plus ou moins probable. C'est ce que William Edwards sut comprendre. Il s'efforça donc de retrouver, parmi les habitants actuels de la France, de la Suisse et de l'Italie septentrionale, les types de leurs ancêtres gaulois, et quoique, dans cette recherche rapide, il ait pu commettre quelques erreurs de détail, on ne saurait lui contester le mérite d'avoir, du premier coup, avec une rare sagacité, découvert les principaux traits distinctifs des deux races celtique et kimrique, qui se partageaient, au temps de César, la plus grande partie de la Gaule.

Cette découverte, toutefois, ne fut pas admise sans contestation. Presque partout, en effet, les deux races se sont croisées, soit entre elles, soit avec des conquérants ou des immigrants étrangers; il en est résulté une telle complication, un tel mélange de caractères et de tels accidents de répartition, qu'il serait facile de citer, contre la doctrine de Willian Edwards, un bon nombre d'observations recueillies dans des localités plus ou moins étendues. Puis, il n'est pas donné à tout le monde de saisir, à la simple vue, au milieu d'une population fortement croisée, les caractères typiques des races mères. Il faut savoir faire abstraction des variations individuelles, et des traits dont l'association irrégulière est la conséquence du croisement; il faut savoir prendre, par la pensée, la moyenne de chaque caractère, et en mesurer les écarts : travail délicat et souvent aléatoire, où l'observation scientifique est subordonnée au coup d'œil artistique. Il arriva donc plus d'une fois que, là même où William Edwards avait passé, d'autres observateurs, imbus d'une autre théorie, virent ou crurent voir les choses autrement que lui; c'était affaire d'impressions, et, en pareille matière, les discussions peuvent aisément se perpétuer, car les faits individuels sont très-divers, et l'on peut toujours en invoquer quelques-uns à l'appui de l'opinion qu'on adopte. Seule, la statistique, et une statistique assez étendue pour échapper à l'influence perturbatrice des variations nombreuses engendrées par le croisement, aurait pu fournir à l'argumentation une base solide; mais la plupart des caractères anthropologiques échappent à la statistique ordinaire, et, quant à la statistique spéciale dont la Société d'anthropologie a préparé les bases dans ses Instructions, accompagnées d'une feuille questionnaire et d'un tableau chromatique, il ne pouvait en être question à une époque où cette Société n'était pas encore fondée.

Il y avait toutefois un caractère qui pouvait aisément être étudié dans les statistiques du recrutement de l'armée. C'était celui de la taille. Ce qui ressortait le plus clairement du parallèle établi par William Edwards entre les deux grandes races gauloises, c'était la différence de la coloration du système pileux, et la différence de la stature. Les Kimris, ou Belges, étaient grands et blonds; tandis que les Galls, ou Celtes, étaient petits et bruns. Or, si les comptes rendus du recrutement ne mentionnent pas la couleur des yeux et des cheveux, ils donnent des renseignements plus ou moins complets sur la taille des conscrits. Je pensai donc que l'étude de la répartition de la taille en France pouvait devenir la pierre de touche de la théorie de William Edwards. A cet effet, je dressai une carte de France où je consignai les résultats moyens relevés pendant 19 années, de 1831 à 1849, pour chaque département, par les conseils de révision; je laissai en blanc les départements où la taille était la plus haute, je teintai en noir ceux où elle était la plus petite ; les autres reçurent une teinte intermédiaire, et aussitôt je vis se dessiner sur cette carte

derne l'ancienne Gaule de César. La Gaule celtique présentait, des Alpes à l'Armorique, une vaste zone foncée; la Gaule Belgique ou kimrique, comprenant les départements du Nord et de l'Est, formait une zone blanche ; et enfin les départements où résidèrent jadis les Aquitains et les Ligures constituaient un troisième groupe de teinte intermédiaire. Il y avait bien, çà et là, quelques enclaves, qui apparaissaient surtout sur les cartes à quatre ou cinq teintes, mais ces exceptions toutes locales, qui ne pouvaient être attribuées à aucune influence de milieu, trouvaient leur explication la plus naturelle dans l'étude de certaines migrations partielles, dont l'histoire est parfaitement connue.

La doctrine historique d'Amédée Thierry, et la doctrine anthropologique de William Edwards, se trouvaient ainsi confirmées par une vérification directe et positive. Il y avait lieu de se demander, toutefois, si les résultats consignés sur ma carte étaient aussi fixes, aussi permanents que doivent l'être des faits ethnologiques. La période que j'avais étudiée commençait en 1831, et comprenait, par conséquent, les classes de conscrits qui étaient nés à partir de 1811, c'est-à-dire à une époque où la France, épuisée par les grandes guerres du premier empire, avait laissé sur le champ de bataille la partie la plus valide de sa population. On sait que la taille des conscrits s'est relevée d'une manière rapide et continue de 1831 à 1849. Cette période, sur laquelle avaient porté mes relevés, ne pouvait donc pas être considérée comme tout à fait normale, et il était intéressant de voir si les rapports proportionnels que j'avais constatés se maintiendraient dans les périodes suivantes. C'est ce que chercha Boudin : la carte qu'il publia en 1863, d'après les recrutements de la décade de 1850 à 1859, ne différait de la mienne que par des modifications rares et légères, et les changements qui étaient survenus à mesure que la population reprenait son équilibre, n'avaient fait que caractériser mieux encore la distinction de la race celtique et de la race kimrique.

Aujourd'hui, M. Lagneau nous présente une nouvelle carte qui comprend une période de vingt-trois années, de 1837 à 1859. Il aurait pu aisément y ajouter six années en commençant, comme je l'avais fait moi-même, avec l'année 1831. Cette addition, loin de lui imposer un surcroît de travail, l'eût dispensé, au contraire, de faire de longs calculs, car il n'aurait eu qu'à fusionner les chiffres de Boudin avec les miens; mais il a pensé avec raison qu'il était préférable de ne pas faire intervenir les classes dont la naissance correspondait aux six années de 1811 à 1816. Il a donc pris pour point de départ l'année 1837 ; pour cela, il a dû faire lui-même le relevé des douze années suivantes qui n'avaient pas encore été groupées ensemble, et nous devons le remercier de ce travail, car nous possédons maintenant la moyenne de vingt-trois classes, toutes nées en pleine paix et, dès lors, parfaitement comparables. Or, la carte qu'il a dressée d'après ces nouveaux relevés ne diffère pas sensiblement des deux autres ; elle prouve une fois de plus que la répartition de la taille est un fait permanent, et qu'aujourd'hui encore, après un grand nombre de siècles, en dépit des immigrations et des conquêtes qui se sont succédé depuis deux mille ans, les populations des diverses régions de la France doivent respectivement leurs caractères distinctifs à la différence des antiques races gauloises d'où elles sont issues.

Ces recherches sur les origines ethniques de la population française ne sont que le préambule du travail que M. Lagneau a soumis à l'Académie. Elles forment pour ainsi dire sa base d'opérations. Se proposant d'étudier l'influence des races sur le degré de fréquence de certaines maladies ou infirmités, il a dû commencer par établir la distinction et la délimitation géographique de ces races; mais son but principal est de montrer que la répartition des aptitudes et des immunités pathologiques est fréquemment en rapport avec l'hérédité ethnique.

C'est qu'en effet, ce ne sont pas seulement les caractères extérieurs qui se transmettent par hérédité ; la constitution, les prédispositions organiques, se perpétuent dans les familles non moins que les traits du visage : sous ce rapport, les races peuvent être considérées comme de grandes familles. Il faudrait se garder sans doute d'attribuer à ces prédispositions ethniques toutes les particularités pathologiques qu'a révélées l'étude de la géographie médicale ; les influences du sol, du climat, de l'alimentation, du genre de vie, jouent ici un rôle qui ne doit jamais être méconnu, qui, quelquefois même, est exclusif : mais l'influence de la race est démontrée aussi par des faits bien concluants ; et il suffit pour le prouver de rappeler l'immunité relative des nègres à l'égard des affections paludéennes et leur immunité presque absolue à l'égard de la fièvre jaune, si impitoyable pour les Européens. Dans notre pays, où la population est issue de races distinctes sans doute, mais relativement voisines, on ne doit pas s'attendre à rencontrer des différences aussi tranchées. Toutefois la statistique de la France et la statistique spéciale du recrutement démontrent que la longévité et les principales infirmités sont très-irrégulièrement réparties dans nos divers départements, et, quoique l'influence du milieu soit évidente dans beaucoup de cas, il y a lieu de chercher si l'influence de la race ne vient pas quelquefois s'y joindre.

Ce n'est pas la première fois que cette question est posée. Déjà en 1863, M. Bertillon, comparant le phénomène de la mortalité et de la longévité dans les départements de la Bretagne et de la Normandie, dont les origines ethniques sont si différentes, avait constaté que ces deux groupes adjacents occupent les deux extrémités de l'échelle de la mortalité en France, et avait attribué ce contraste remarquable à la différence des races. A la même époque, Boudin, et après lui M. Sistach, avaient étudié sur des cartes pittoresques la répartition des hernies, de la myopie, de la mauvaise denture, des varices et des varicocèles. Et plus tard M. Magitot, reprenant l'étude de la fréquence relative de la carie dentaire, avait conclu, lui aussi, à l'influence de la race. Mais il restait encore à faire un travail d'ensemble, à compléter les relevés, à les contrôler, à les discuter. Ce travail, M. Lagneau l'a fait avec une persévérance digne d'éloges, et avec une circonspection qui l'a tenu à l'abri de toute exagération systématique. Il s'est bien gardé d'attribuer à l'hérédité de race une influence exclusive ; il s'est borné à montrer que cette influence est réelle dans beaucoup de cas, et je pense qu'il y a pleinement réussi.

Les sept cartes teintées sur lesquelles il a représenté la répartition des principales infirmités sont loin d'avoir le degré d'évidence de celles qui représentent la répartition de la taille ; et cela se conçoit sans peine : car l'hérédité de la taille est un phénomène normal ; elle est relative à un caractère qui fait partie essentielle de la constitution d'une race. L'hérédité pathologique est relative au contraire à des dispositions qui ne peuvent être considérées comme primordiales ; qui se

éveloppées dans une race à la faveur de certaines con-s, mais qui peuvent s'effacer ou s'amoindrir dans des ions opposées. Ces modifications, qui s'observent sou-dans les familles, où elles s'effectuent en quelques tions, sont plus durables sans doute lorsqu'elles se pro-t dans une race, mais on ne saurait admettre cepen-u'elles soient toujours permanentes. Puis il faut tenir e aussi de l'influence des croisements. Par les caractères ologiques, cette influence est principalement ou même ivement numérique, mais il n'en est pas de même des ères pathologiques, et l'observation des familles montre s enfants ne tiennent pas toujours leur constitution de le leurs parents auquel ils ressemblent le plus. Enfin, ladies qui engendrent certaines infirmités doivent très-t leur fréquence aux conditions locales. Par consé-on ne peut s'attendre à voir prédominer toujours l'élé-de l'hérédité ethnique, alors même que cette hérédité parfaitement réelle ; on ne peut s'attendre à voir se nir dans toute leur netteté, sur les cartes relatives aux ités, les délimitations géographiques de la carte ethno-e. Mais il est permis de croire que les causes perturba-que nous venons d'énumérer, n'ont pas dû agir partout même intensité, et que certains groupes de départe-ceux par exemple où l'action des croisements a été e, ont pu conserver des aptitudes ou des immunités ogiques en rapport avec l'influence de la race.

t ce que M. Lagneau s'est attaché à démontrer ; il a ré en particulier le groupe normand et le groupe bre-ar la plupart de ses cartes, ces deux groupes contigus inguent l'un de l'autre par les deux teintes extrêmes. tre, un massif central s'étendant à l'est jusque vers le e, au sud jusqu'aux Cévennes, reproduit le plus souvent ite du groupe breton, dont il est séparé par les départe-du Berry, du Poitou, de la Touraine et de l'Anjou. Il 'exception que pour la carte de la phthisie et celle de té. L'influence de la race sur la fréquence de la phthi-France paraît tout à fait nulle, et, quant à la cécité, répartition offre cependant une régularité assez inté-le, elle dépend de causes trop variées, de maladies trop s, pour qu'on puisse espérer d'y démêler la part de l'in-ethnique.

cartes de la myopie et de la mauvaise denture montrent race celtique possède, à l'égard de ces deux causes ption, une immunité relative assez prononcée. L'im-de cette race par rapport aux hernies paraît encore robable ; mais ce qui est le plus frappant, c'est son im-par rapport aux varices et aux varicocèles. L'influence ue est ici bien manifeste, et M. Lagneau a eu raison de aler ; mais je ne suis pas convaincu que la plus grande nce de ces affections dans la race kimrique soit la con-ce d'une hérédité réellement pathologique. C'est un n connu que, toutes choses égales d'ailleurs, les indi-e haute taille sont plus disposés que les autres à la di-des veines qui ramènent le sang des parties sous-dia-natiques ; chez eux, en effet, la colonne sanguine a plus teur, et exerce par conséquent sur les parois veineuses us forte pression. Il est donc permis de croire que nité de la race celtique, à l'égard des varices et des èles, ne constitue pas un caractère pathologique qu'elle n'est que la conséquence de la petitesse de e.

Le second mémoire de M. Lagneau, intitulé : *Étude de statistique anthropologique sur la population parisienne*, semble, au premier abord, beaucoup plus spécial que le précédent. Mais il y a longtemps que le peuple de Paris a perdu toute spécialité anthropologique. Le territoire des anciens Parisii, fondateurs de Lutèce, faisait partie de la Gaule Belgique, mais était peu éloigné des limites de la Celtique ; il paraît donc assez probable que le sang des deux races gauloises s'y était déjà mélangé, et c'est peut-être pour cela que César, au commencement de sa sixième campagne, transféra à Lutèce l'assemblée générale des Gaules. Quoi qu'il en soit, l'importance politique croissante de cette ville y attira et y fixa pendant la période romaine, comme pendant la période franke, un grand nombre d'étrangers, au milieu desquels la population primitive dut nécessairement se confondre. L'intensité du croisement et la prédominance des éléments étrangers s'accrurent bien plus encore lorsque Paris fut devenu, sous les Capétiens, le centre politique de la France. De nos jours, enfin, depuis que l'unité administrative a pris la place du régime provincial, cette prédominance est devenue telle, que les familles parisiennes ne constituent plus, dans la population de Paris, qu'une faible minorité. Ce n'est donc plus l'influence ethnique que l'on peut étudier aujourd'hui dans cette inextricable combinaison d'éléments hétérogènes ; mais il reste à étudier les effets de deux phénomènes simultanés de l'agglomération et de la sélection. Sous le premier rapport, les résultats d'une statistique impartiale sont loin de confirmer les illusions que pourraient faire naître les apparences de certains chiffres administratifs. Oui, il est certain que la population de Paris s'est prodigieusement accrue depuis vingt ans ; il est certain encore que la durée moyenne de la vie semble avoir progressé, que le chiffre proportionnel de la mortalité semble s'être amélioré ; mais on oublie que l'accroissement de la population est la conséquence exclusive de l'immigration ; que la plupart des immigrants ont dépassé l'âge de la plus grande mortalité ; qu'ils sont choisis en outre, en grande majorité, dans la partie la plus valide, la plus robuste ou la plus intelligente de la population provinciale. Et lorsque, à l'exemple de M. Lagneau, au lieu de prendre en masse les faits statistiques, on étudie et l'on compare en particulier les statistiques des divers âges, on reconnaît aisément que, sous le rapport de la fécondité, comme sous le rapport de la mortalité, la population agglomérée du département de la Seine est bien moins favorisée que celle des autres départements. Notre confrère a donc pu terminer son travail par la conclusion suivante :

« Si l'on considère l'ensemble des résultats numériques, on est forcément amené à reconnaître que les grandes agglomérations humaines, quoique favorables au développement scientifique, artistique, commercial et industriel d'une nation, lui sont entièrement préjudiciables sous le rapport anthropologique. « Les villes, a dit Jean-Jacques Rousseau, sont » les gouffres de l'espèce humaine. » Il importait d'en mesurer la profondeur. »

Les deux mémoires de M. Lagneau portent le cachet d'un esprit distingué et éclairé, préparé par de longues recherches à l'étude des questions les plus ardues de l'ethnologie nationale. Les travaux dont il a enrichi les publications de la Société d'anthropologie lui ont valu l'honneur d'être porté à la vice-présidence de cette Société. Ceux qu'il présente aujourd'hui à l'Académie ont un caractère plus pratique, en ce

sens qu'ils se rattachent plus directement à l'étude de la géographie médicale et de l'hygiène publique. Vos commissaires espèrent donc, messieurs, qu'on voudra bien leur permettre de signaler à la section d'hygiène publique et de médecine légale les travaux de ce confrère, aussi savant que modeste, dont le nom éveille dans cette enceinte d'affectueux souvenirs.

Votre commission a l'honneur de vous proposer :

1° D'adresser une lettre de remercîments à M. Lagneau, pour ses intéressantes communications ;

2° De renvoyer ses deux mémoires au Comité de publication.

P. Broca,
Professeur à la Faculté de médecine de Paris.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

M. J. TYNDALL

I

La couleur bleue du ciel, la polarisation de l'atmosphère et des vapeurs nuageuses, et la direction des vibrations de la lumière polarisée (1).

Nous savons, pour ce qui concerne la polarisation du ciel, non-seulement que la direction de polarisation maximum est perpendiculaire à celle des rayons solaires, mais encore que, à certaines distances angulaires du soleil, il existe des points neutres ou de polarisation nulle, des deux côtés desquels les plans de polarisation atmosphérique sont à angles droits l'un sur l'autre.

J'ai fait sur ce sujet diverses observations que je réserve pour le moment. Mais il en est quelques-unes que je veux, en attendant un examen plus complet de la question, soumettre, avec quelques faits du même ordre, à la Société royale.

Le faisceau de rayons parallèles employé dans ces expériences marquait son passage à travers l'air de mon laboratoire, exactement comme le font les rayons du soleil dans la poudreuse atmosphère de Londres. J'ai des raisons de croire qu'une grande partie de la matière qui flotte ainsi dans l'air du laboratoire consistait en particules organiques capables de lui communiquer une teinte bleuâtre appréciable. Cet air pouvait manifester, quoique avec beaucoup moins d'intensité, tous les effets de polarisation que nous avons obtenus avec nos *nuages naissants*. La lumière émise latéralement par le faisceau lumineux était polarisée, bien qu'incomplétement, et la direction de polarisation maximum était perpendiculaire au faisceau.

La colonne horizontale d'air que nous avions ainsi illuminée avait 5 mètres et demi de longueur, et nous pouvions par conséquent la regarder très-obliquement, sans nous embarrasser de l'entourer d'aucune enveloppe solide. Pour tous les points du faisceau, la lumière émise normalement était dans le même état de polarisation. En plaçant le Nicol et la lame de sélénite toujours de la même manière, j'observais les mêmes couleurs dans toute l'étendue du faisceau, lorsque je le regardais perpendiculairement à sa longueur.

Je me plaçai alors près de l'extrémité du faisceau, au moment où il jaillissait de la lampe électrique, et, le regardant à travers le Nicol et la lame mince de plus en plus obliquement, je vis les couleurs pâlir, puis finir par disparaître. En augmentant encore l'obliquité, les couleurs se montraient de nouveau ; *mais cette fois elles étaient complémentaires des premières.*

Ainsi, ce faisceau, aussi bien que le ciel, avait ses points neutres, sur les côtés desquels la lumière était polarisée dans plans perpendiculaires l'un à l'autre.

Pensant que les phénomènes observés dans mon labora devaient peut-être n'être attribués qu'aux fumées et vapeur pandues dans son atmosphère, je fis transporter une pile et lampe électrique dans une chambre, tout en haut de l'Instit Royale. La trace du faisceau lumineux apparaissait, brillar délicate, à travers l'air de la chambre ; on pouvait lui do une longueur d'environ 4 mètres et demi. On obtenait leurs exactement les mêmes effets qu'avec le faisceau du lal toire. On pouvait même produire des phénomènes de pola tion, peu intenses il est vrai, avec la lumière électrique, e laissant tomber directement sur les particules flottantes, la condenser par une lentille (1).

Lorsqu'on tamisait l'air de manière à le priver absolument matière flottante visible, il n'avait plus aucune action sensibl la lumière, et se comportait comme le vide.

J'avais varié et corroboré de bien des manières ces expéri sur les points neutres, en opérant successivement sur les fu de chlorhydrate d'ammoniaque, de papier brûlé et de t lorsque sir Charles Wheatstone attira mon attention sur une servation importante communiquée en 1860 à l'Académi Paris par le professeur Govi, de Turin (*Comptes rendus*, tom pages 360 et 669). M. Govi avait été amené, par ses étude la lumière des comètes, à examiner un faisceau lumineux pr dans une pièce remplie de fumée d'encens ; il avait aussi ex menté sur de la fumée de tabac. Sa première communica très-courte, établissait seulement le fait de la polarisation lumière par ces fumées ; mais, dans la seconde, il annonç découverte d'un point neutre dans le faisceau, point sur les duquel la lumière était polarisée dans deux plans perpendicu l'un à l'autre.

Mais, à l'inverse de mes propres observations sur l'air de laboratoire, à l'inverse aussi de ce qu'on observe pour le la direction de polarisation maximum, dans les expérience M. Govi, faisait un angle très-petit avec l'axe du faisceau neux. Voilà où en était restée la question, et je ne sache p ni M. Govi, ni aucun autre observateur, lui aient fait faire u de plus.

J'avais remarqué, comme je l'ai dit, que, à mesure qu nuages formés dans le tube à expériences devenaient plus de la polarisation de la lumière émise latéralement et normale diminuait, et la direction de polarisation maximum devenait que au faisceau. Des expériences sur les fumées de chlorhy d'ammoniaque m'avaient aussi donné lieu de soupçonner q position du point neutre *n'était pas constante*, mais qu'elle v avec la densité des fumées illuminées.

L'examen de ces questions m'a conduit aux remarquable sultats qui suivent : Le laboratoire étant bien plein de fumée cens, on fit passer un faisceau de lumière électrique à tr cette fumée, après avoir attendu un temps suffisant pour q fût uniformément répandue dans l'air. Ce faisceau émettait lumière polarisée, mais la direction de polarisation maximu lieu d'être dirigée suivant la normale, faisait maintenant un de 12 ou 13 degrés avec l'axe du faisceau.

Un point neutre, avec des effets complémentaires sur se tés, apparaissait aussi. L'angle compris entre l'axe du faisce une ligne menée du point neutre à l'œil de l'observateur me 66 degrés.

On ouvrit alors pendant quelques minutes les fenêtres du ratoire, et on laissa sortir une portion de la fumée d'encen menant ensuite l'obscurité, et rallumant la lampe, on vit l' formé par la ligne de vision du point neutre et l'axe du fai lumineux descendre à 63 degrés.

On ouvrit de nouveau les fenêtres ; une nouvelle quanti fumée s'échappa. L'angle, mesuré comme précédemmen trouva de 54 degrés.

---

(1) Voyez ci-dessus, page 242, numéro du 20 mars dernier, une conférence de M. Tyndall sur le même sujet.

(1) J'espère aller faire ces essais dans l'air des Alpes, l'été pro

mmença trois fois encore : on vit le point neutre recu-
en plus, et l'angle compris entre la ligne qui réunis-
nt à l'œil de l'observateur et l'axe du faisceau descen-
sivement de 54 degrés à 49 degrés, 43 degrés et

ances du point neutre à la lampe, correspondantes à
s observations de la série précédente, étaient approxi-
t les suivantes :

1re observation...... ..	66	centimètres.
2e..................	76	—
3e..................	86	—
4e..................	97	—
5e..................	109	—
6e..............	137	—

de cette série d'expériences, la direction de polarisa-
num était redevenue normale au faisceau.
ratoire fut ensuite rempli de fumée de poudre à canon.
expériences successives, correspondant à cinq densités
de cette fumée, les angles compris entre la ligne de
oint neutre et l'axe du faisceau furent respectivement
és, 50 degrés, 47 degrés, 42 degrés et 38 degrés.
la fumée de la poudre à canon dissipée, je remplis le
de fumée de résine ordinaire, tellement épaisse, qu'elle
ement mes poumons. Dans ce cas, la direction de po-
maximum fit un angle de 12 degrés, ou à peu près,
du faisceau lumineux. En regardant, comme précédem-
point rapproché de la lampe électrique, je n'observai
t *neutre* dans l'étendue tout entière du faisceau.
minant ce faisceau perpendiculairement à travers le
lame de sélénite, je distinguai un système d'anneaux
és. Pendant que je faisais cette observation, on ouvrit
s, mais sans tirer les persiennes. La fumée put s'é-
ntement, et le système d'anneaux devint de plus en plus
à ce que, finalement, il disparût. Continuant à regar-
même direction, je vis bientôt apparaître un nouveau
nt les couleurs étaient complémentaires de celles du
*e point neutre, dans son mouvement le long du faisceau,
produit par la diminution graduelle de la quantité de
t passé par mon œil.*
fumées de chlorhydrate d'ammoniaque, on observe
les mêmes phénomènes. Je crois en avoir assez dit,
variabilité de la position du point neutre soit parfai-
lie. Quant à l'explication de ces résultats, c'est une
la théorie ondulatoire de la lumière aura à com-

bandonner cette question du renversement de la po-
r une matière nuageuse, j'ai à présenter encore une
rvations. Certains des nuages auxquels nous don-
ce dans nos expériences sur l'action chimique de la
entent des formes surprenantes. Le tube à expériences
divisé en segments remplis de nuages denses, et
de l'autre par des nœuds de matière très-fine. Si on
rpendiculairement, on peut voir jusqu'à quatre ren-
successifs du plan de polarisation, en passant d'un
gment, et réciproquement. Avec les fumées répan-
tre laboratoire, au contraire, nous n'observions pas
ons dans la polarisation suivant la normale ; et en
dernier cas, il n'existait point dans nos nuages les
texture qui sont nécessaires pour produire ces mo-

s. En introduisant dans le faisceau lumineux une
mée de tabac ou de vapeur d'eau condensée, on
ter beaucoup l'éclat des couleurs. Mais, suivant la
age introduit, on observe des effets bien différents.

r a démontré la variabilité de la position du point neutre
du ciel, suivant la hauteur du soleil. Les expériences
quent-elles pas la cause première de ce phénomène?

Par exemple, amenons à son maximum d'éclat le système d'an-
neaux observé dans l'air ordinaire, puis jetons dans le faisceau, au
point que nous regardons, un très-léger nuage de chlorhydrate
d'ammoniaque ; le système d'anneaux brille immédiatement d'un
éclat plus vif, et le sens de la polarisation reste le même. Même
résultat, lorsqu'on fait brûler du soufre ou du phosphore au-des-
sous du faisceau, de manière que de fines particules d'acide phos-
phorique ou de soufre puissent venir le traverser. Avec les fumées
sulfureuses, l'éclat des couleurs devient extraordinaire ; mais,
dans aucun de ces cas, il n'y a de changement dans le sens de la
polarisation.

S'il s'agit, au contraire, d'une bouffée de vapeur d'eau, ou de
fumées d'acide chlorhydrique, d'acide iodhydrique, ou d'acide
nitrique, il y a renversement complet dans les teintes des anneaux.
Ces divers nuages font tourner le plan de polarisation de 90 de-
grés. Sur ce point et sur d'autres du même ordre, nous avons
encore des expériences à faire (1).

L'idée que la couleur du ciel est due à l'action d'une matière
très-finement divisée, faisant de notre atmosphère un milieu
trouble au travers duquel nous regardons l'obscurité de l'espace,
remonte à Léonard de Vinci. Newton pensait que cette coloration
doit être attribuée à des particules d'eau excessivement petites,
agissant comme des lames minces. Les expériences de Gœthe sur
ce sujet sont bien connues et très-instructives. Une observation
remarquable de Gœthe se rapporte à ce que les peintres appellent,
en termes d'art, le *glacis*, qui est produit, sans aucun doute, par les
particules très-fines du vernis interposées entre l'œil et un fond
noir. Clausius, dans deux excellents mémoires, s'efforça d'expliquer
la couleur du ciel par de petites vésicules aqueuses suspendues
dans l'atmosphère, et de rendre compte ainsi des observations
importantes de Forbes sur la condensation de la vapeur. J'ai
rapporté, dans ma dernière communication, les expériences de
Brücke sur du mastic précipité. Helmholtz attribue la coloration
bleue des yeux à l'action de particules en suspension. Moi-même,
dans un article publié il y aura bientôt neuf ans, j'ai rapporté à
une seule et même cause les couleurs des fumées de tourbe des
cabanes de Killarney (2) et la coloration du ciel. Dans *les Glaciers
des Alpes*, qui ont paru en 1860, il y a tout un chapitre consa-
cré à cette question. Roscoë (3), à propos de ses belles recherches
sur la puissance photographique de la lumière du ciel, a donné
divers exemples de colorations produites par des particules flot-
tantes. Dans nos expériences précédentes, enfin, nous produisions
la couleur azurée dans l'*air*, et elle avait une vigueur et une pu-
reté bien supérieures à tout ce que j'ai pu voir dans des liquides
tenant en suspension de petites particules solides. De plus, la
polarisation de cette lumière était *complète*.

Dans ses expériences sur la fluorescence, le professeur Stokes
avait sans cesse à faire la distinction de la lumière réfléchie par
les particules qui flottaient dans ses liquides, et à l'action des-
quelles il donnait le nom de *fausse dispersion*, — et de la lumière
fluorescente de ces mêmes liquides, lumière qu'il attribuait à une
vraie dispersion. En effet, il est extrêmement difficile d'obtenir
un liquide qui ne contienne pas de particules solides ; ces parti-
cules polarisent par réflexion la lumière qui tombe sur elles, tan-
dis que la lumière qui est véritablement dispersée reste non po-
larisée. A la page 530 de son excellent mémoire sur les *Varia-*

(1) Sir John Herschel m'a suggéré la pensée que ces modifications
de la polarisation pourraient bien indiquer un passage de la polarisation
par réflexion à la polarisation par réfraction. Cette idée s'est souvent
présentée à mon esprit, pendant que j'étudiais ces phénomènes. Mais
elle demandera encore bien d[illegible] de nouveaux travaux, avant
de pouvoir être considérée com[illegible]ssion formelle d'une vérité.

(2) J'[illegible] éteint[illegible]ère presque complète, avec
un Nic[illegible] feuilles à Hyde-Park. La
fumée [illegible] d'un cigare polarise
aussi [illegible]

(3) [illegible] ce sujet, dans notre
tome [illegible]

tions de la réfrangibilité de la lumière, le professeur Stokes cite, sur le sujet qui nous occupe, quelques faits significatifs, et énonce quelques remarques dignes d'attention. Il signale tout particulièrement une lame de verre qui, vue par réflexion, présentait une coloration bleue exactement semblable à un effet de fluorescence; mais lorsqu'on l'examinait convenablement, on constatait que ce n'était là qu'un cas de fausse dispersion. « Pendant que j'étais engagé dans ces recherches, dit-il, j'ai été souvent frappé de ce fait, que, lorsqu'un faisceau avait une apparence continue, la polarisation était plus complète que s'il étincelait; de telle sorte que l'esprit était nécessairement amené à croire que ce phénomène n'était dû qu'aux particules solides flottantes (1). Dans le premier cas, la polarisation a souvent paru complète ou presque complète. Cela pourrait s'expliquer, dans une certaine mesure, par le fait suivant : lorsqu'une quantité déterminée de lumière est diminuée dans un rapport donné, l'éclairement est moins facile à percevoir si la lumière est diffusée uniformément, que si, tout en se répandant sur le même espace, elle se groupe par points. Quoi qu'il en soit, on n'observait du moins aucune tendance à la polarisation dans un plan perpendiculaire au plan de réflexion, lorsque les particules suspendues devenaient plus fines et, par conséquent, le faisceau plus continu. »

Grâce à la courtoisie de son possesseur, j'ai pu voir le morceau de verre en question et le soumettre à l'expérience. Placé devant la lampe électrique, transversalement ou suivant sa longueur, il envoyait latéralement de la lumière bleue polarisée : cette coloration est une imitation assez bonne de celle du ciel.

Le professeur Stokes pense que ces faits peuvent être mis en avant, pour décider la question de la direction des vibrations de la lumière polarisée. Sur ce point, je n'ai qu'un mot à dire : Si l'on peut démontrer que, lorsque les particules sont petites en comparaison de la longueur d'une onde lumineuse, les vibrations d'un rayon réfléchi par ces particules ne peuvent pas être perpendiculaires aux vibrations de la lumière incidente, alors assurément les expériences rappelées dans la communication précédente tranchent la question en faveur de l'hypothèse de Fresnel.

Presque tous les liquides contiennent des particules en suspension en nombre suffisant pour polariser sensiblement la lumière ; et l'on peut obtenir de très-beaux effets par des moyens très-simples. Lorsque, par exemple, on place en face de la lampe électrique un réservoir rempli d'eau distillée, et qu'on fait passer le faisceau au travers, c'est à peine s'il se produit un peu de lumière polarisée, et si l'on peut apercevoir une faible coloration dans la lame de sélénite. Mais qu'on vienne à agiter dans cette eau un petit morceau de savon, à l'instant où les particules infiniment petites du savon arrivent dans le champ du faisceau, le liquide commence immédiatement à émettre normalement de la lumière complétement polarisée; et si l'on regarde encore avec la sélénite, on voit apparaître des anneaux colorés d'une extrême vivacité. On arrive à un résultat plus brillant encore avec du mastic dissous dans un grand excès d'alcool.

Les anneaux colorés produits par la lame de sélénite constituent comme une pierre de touche d'une exquise sensibilité, pour déterminer la quantité de particules solides qu'un liquide tient en suspension. Pour l'eau distillée, par exemple, il faut un faisceau lumineux assez épais pour rendre sensible la polarisation produite par ces particules. Un faisceau plus étroit est suffisant pour l'eau ordinaire; enfin, avec le mastic précipité de Brücke, un faisceau trop mince pour pouvoir produire le moindre effet appréciable avec beaucoup d'autres liquides, suffit pour donner, dans la lame de sélénite, des anneaux colorés d'un très-grand éclat.

(1) La coloration azurée peut se produire au milieu d'un champ de particules flottantes. En faisant tourner le Nicol, on arrive à éteindre complétement le bleu qui provient de matière interposée, et alors les particules solides brillantes, et en apparence insensibles, restent maîtresses du champ. On peut d'ailleurs faire précipiter un nuage bleu au milieu de la couleur azurée. Un nuage aqueux ainsi précipité renverse le sens de la polarisation ; mais, lorsqu'il s'est fondu peu à peu, on voit reparaître l'azur, et la polarisation qui lui est propre.

II

La formation des nuages et les phénomènes qui s'y rattachent

Lorsqu'on fait le vide dans un récipient rempli d'air ordinaire non desséché, chacun sait que les premiers coups de piston provoquent la formation d'un nuage, dû à la précipitation de la vapeur d'eau répandue dans cet air. Le même phénomène peut s'observer comme il était facile de s'y attendre, avec les vapeurs de beaucoup d'autres liquides.

Dans le courant des expériences *sur l'action chimique de la lumière*, dont j'ai déjà donné communication à la Société royale, j'ai eu fréquemment l'occasion d'observer la précipitation de nuages de cette espèce dans les tubes à expériences que j'employais; j'ai même consacré plusieurs jours de suite à une étude toute spéciale des nuages produits par une dilatation rapide de l'air dans ces tubes.

J'ai mis en usage deux procédés d'expérimentation différents : le premier consistait à unir le tube à expériences à une machine pneumatique, et à dilater simplement l'air en manœuvrant les pistons. Dans le second, le tube était mis en communication avec un récipient de dimensions convenables, et cette communication pouvait s'interrompre à volonté au moyen d'un robinet. Le vide ayant été fait d'avance dans le récipient, il suffisait d'ouvrir le robinet pour faire passer l'air du tube à expériences dans ce récipient, et pour produire, comme conséquence de ce passage, la précipitation d'un nuage dans l'intérieur du tube. Au lieu d'un récipient spécial, j'employais habituellement à cet effet les corps de pompe de la machine pneumatique elle-même.

J'ai constaté qu'il était possible, en interceptant au moyen du robinet la quantité d'air et de vapeur résidue après chaque précipitation, et faisant de nouveau le vide dans les corps de pompe, d'obtenir, avec certaines substances, jusqu'à quinze ou vingt nuages les uns à la suite des autres, sans remplir de nouveau le tube à expériences.

Les nuages ainsi obtenus différaient beaucoup en intensité lumineuse. Les uns émettaient une lumière blanche très-douce, tandis que les autres brillaient d'un éclat surprenant et instantané. Ces variétés dans la manière d'être étaient dues sans aucun doute à l'inégalité des pouvoirs réflecteurs appartenant aux particules des nuages, qui provenaient de substances à indices de réfraction très-divers.

Ces nuages présentaient en outre des degrés de stabilité très-différents, selon leur origine. Les uns disparaissaient rapidement ; d'autres, au contraire, persistaient pendant plusieurs minutes dans le tube à expériences, et en occupaient la partie postérieure, semblables à un amas de neige en train de se fondre. Les particules de quelques autres paraissaient entraînées dans l'intérieur du tube à expériences, comme si elles eussent été en mouvement au travers d'un milieu visqueux.

Rien ne peut surpasser la beauté des phénomènes de diffraction qu'on pouvait observer sur certains de ces nuages. Pour apercevoir les couleurs dans les conditions les plus favorables, il fallait regarder le long du tube à expériences, d'un point situé au-dessus de lui, et le visage tourné vers la source lumineuse. Les mouvements différents imprimés aux molécules par suite de leur frottement contre la surface intérieure de l'appareil, produisaient souvent un arrangement des couleurs en couches distinctes.

Les différences de texture que j'ai vues se manifester dans des nuages d'origines diverses m'ont amené à observer, d'un peu plus près que je n'avais fait d'abord, le mécanisme de la formation de ces nuages. Pour qu'ils se produisent, une certaine dilatation est nécessaire ; au moment où la précipitation va avoir lieu, la masse d'air et de vapeur qui se refroidit peut être consi-

comme partagée en une quantité de petites masses polyé-; sur les surfaces de séparation de ces polyèdres, les par-se meuvent dans des directions opposées, à l'instant où se précipitation. Chaque particule du nuage absorbe, pour se, un polyèdre de la vapeur, et il est manifeste que le volume le particule doit dépendre, non-seulement du volume du re de vapeur, mais aussi du rapport qui existe entre la den-la vapeur et celle de son liquide. Si la vapeur était légère quide lourd, toutes choses égales d'ailleurs, la particule du serait plus petite que si la vapeur était lourde et le liquide la contraction serait évidemment plus grande dans le pre-as que dans le second. Ces considérations trouvent leur ition dans nos expériences; je citerai comme exemple, beaucoup d'autres, le cas du toluène. Le poids spécifique liquide est 0,85, celui de l'eau étant pris pour unité; le spécifique de sa vapeur est 3,26, et celui de la vapeur 0,6. Or, comme le volume de la particule de nuage est ment proportionnel au poids spécifique de la vapeur et en inverse du poids spécifique du liquide, un calcul très-sim-ontre que, en supposant les polyèdres de vapeur de mêmes sions dans les deux cas, la grandeur de la particule de va-e toluène doit être plus de six fois égale à celle de la parti-e vapeur d'eau. Il est probablement impossible d'arriver tte question à des résultats numériques, mais la grossiè-elative du nuage de toluène est parfaitement manifeste à u. Ce n'est là, comme je l'ai dit, qu'un exemple choisi un grand nombre de faits du même genre.

apeur d'eau est sans rivale, au point de vue de son état de n. C'est non-seulement la plus légère des vapeurs, dans ition ordinaire de ce mot, mais encore le plus léger de tous, l'hydrogène et l'ammoniaque exceptés. C'est à cette cir-nce qu'on doit principalement attribuer la douce et déli-cauté des nuées de notre atmosphère.

phéricité des particules nuageuses peut se déduire immé-ent de leur manière de se conduire sous l'influence des s lumineux. La lumière qu'elles émettent, lorsqu'elles sont iques, est *continue*; mais il peut aussi se précipiter des s en flocons solides; et, dans ce cas, la scintillation inces-du nuage montre que ses particules sont des *lames* et non phères. Certaines parties d'un même nuage peuvent être sées de particules sphériques, et d'autres de flocons, et la nce est rendue manifeste par l'éclat *calme* des premières lat *tourmenté* des secondes. La scintillation de ces flocons appelé l'effet produit par les lamelles de mica que charrie ne, à son entrée dans le lac de Genève, lorsque les rayons oleil éclatant viennent les illuminer.

JOHN TYNDALL.

Traduit de l'anglais par le Dr RENÉ BENOIT. —

ACADÉMIE STANISLAS DE NANCY

M. NICKLÈS

Le feu liquide

ulfure de carbone dissout le phosphore en abondance (1) et consti-s un liquide très-inflammable, lequel, répandu, abandonne une de ce métalloïde qui ne manque pas de prendre feu au bout de nstants. Il suffit de tremper dans ce liquide une feuille de papier et de la laisser à l'air le temps nécessaire à la volatilisation du de carbone, c'est-à-dire quelques moments, pour la voir s'en-r, laissant derrière elle le papier carbonisé.

expérience, qui est depuis longtemps pratiquée dans les cours publics, a été proposée, en 1862, pour tracer sur le papier des caractères indélébiles (2), et en 1854 pour les *feux de guerre* ou, pour nous servir de l'expression de l'auteur anonyme, comme *feu grégeois liquide* (*Cosmos*, 1854, p. 738). Depuis la guerre d'Amérique, ce feu est connu sous le nom de *feu fenian*.

C'est à l'état de division dans lequel il se trouve après évaporation du dissolvant sulfo-carbonique que le phosphore doit, dans cette expérience, sa grande inflammabilité; aussi emploie-t-on maintenant ce moyen dans la confection des allumettes chimiques (R. Wagner, 1853), car il permet de réduire la proportion de phosphore blanc à employer sans pour cela diminuer l'inflammabilité de l'allumette (3).

Le chlorure de soufre se comporte à peu près de la même manière que le sulfure de carbone, à cela près que ce dissolvant fume fortement à l'air et que le résidu de phosphore qu'il dépose sur le papier s'enflamme moins facilement, sans doute à raison de l'acide chlorhydrique qui l'enduit.

Nous ne parlerons que pour mémoire de quelques liquides hydrocarbures et qui, sous le rapport du pouvoir dissolvant, demeurent loin derrière le sulfure de carbone. C'est donc à ce dernier que nous donnerons la préférence pour obtenir le feu liquide que nous allons faire connaître et qui, lui, se produit instantanément, ainsi que vous allez en juger.

Que l'on mêle du chlorure de soufre du commerce avec du sulfure de carbone tenant du phosphore en dissolution, et l'on obtient un liquide jaune, fumant à l'air, qui peut se conserver impunément en vase clos. Mais qu'on ajoute de l'ammoniaque, et aussitôt il se manifeste une vive déflagration accompagnée d'une flamme intense et volumineuse qui diminue peu à peu, mais qui dure quelque temps. L'alcali volatil du commerce suffit pleinement à cette expérience, qu'il convient de faire au grand air à cause des vapeurs très-fortes qui se dégagent, vapeurs au nombre desquelles figurent l'acide sulfureux, l'acide chlorhydrique, le chlorure de soufre.

Au premier instant, on observe un jet de flamme bientôt remplacé par une combustion régulière dont le soufre et le phosphore font les principaux frais; 2 à 3 centimètres cubes de liquide suffisent pour occasionner un jet de près de 1 mètre de haut, ayant quelques-unes des propriétés des flammes monochromatiques dont il a été question dans la *Revue des cours scientifiques* du 23 février 1866.

Pour éviter les longueurs, j'appellerai désormais feu *lorrain* ce feu nouveau dont l'ammoniaque semble être l'amorce.

Comment agit-elle, comment de l'eau chargée d'ammoniaque peut-elle déterminer l'inflammation du mélange sulfuro-phosphorique et d'où vient la fumée qui accompagne d'ordinaire la réaction ?

Les deux phénomènes sont corrélatifs : lorsqu'on verse de l'acide chlorhydrique dans de l'ammoniaque, on voit se dégager une épaisse vapeur blanche résultant de l'union de l'acide avec l'alcali, lesquels, volatils tous deux, s'unissent dans l'air pour donner lieu à du sel ammoniac, qui est fixe et se sépare par conséquent en molécules ténues; en même temps il y a développement de chaleur, produit constant de toute neutralisation d'acide.

Or, en faisant réagir de l'ammoniaque sur du chlorure de soufre, il se passe quelque chose d'analogue; il y a neutralisation, dégagement de chaleur, formation de sel ammoniac; de plus il se passe une série de réactions secondaires que MM. Fordos et Gélis ont su débrouiller et qui donnent naissance à des produits plus ou moins volatils, plus ou moins colorés et plus ou moins combustibles, au nombre desquels figure un corps cristallisable, de couleur jaune, le *sulfure d'azote* (1).

L'expérience ne se fait pas facilement dans un amphithéâtre sans hotte, à moins d'opérer sur quelques gouttes de liquide seulement, mais après la séance nous pourrons opérer à la cour, au grand air, et produire, avec quelques centimètres cubes de liquide, une fumée rouge, formidable, occasionnée par le grand nombre de composés volatils qui prennent naissance ou qui sont entraînés.

Voici le tableau de ces composés tel qu'il résulte des patientes et courageuses recherches de MM. Fordos et Gélis :

Du chlorhydrate d'ammoniaque....	AzH^3HCl (blanc).
Du sulfure d'azote...............	AzS^2 (jaune).
Du chloro-sulfate sulfo-azotique....	AzS^2, ClS (rouge cochenille).
Du chloro-sulfate bisulfo-azotique...	$2AzS^2 + ClS$ (brun foncé).
Du chloro-sulfate trisulfo-azotique..	$3AzS + ClS$ (jaune).

Enfin, du soufre et du chlorure de soufre qui sont entraînés.

---

(1) D'après M. Vogel (*Journ. de Pharm.*, 4e série, t. IX, p. 237), re de carbone peut dissoudre jusqu'à dix-huit fois son poids de ore.

(1) Brown, dans *Mechanic's Magazine*, janvier 1852, page 13, et *Polyt. Journ. de Dingler*, tome CLXV, page 228.

(2) Voyez *Hist. des allumettes chimiques* dans *Annales du génie civil*, tome IV, page 652, et *Moniteur scientif.*, tome VIII, page 67.

(3) *Annales de chimie et de phys.*, 3e série, tome XXXII. — *Annuaire de chimie*, 1851, page 66.

Je le répète : la réaction donne lieu à de la chaleur ; il s'en dégage beaucoup plus qu'il n'en faut pour enflammer du phosphore ; si donc, au lieu de prendre du chlorure de soufre seulement, nous prenons du chlorure de soufre tenant du phosphore en dissolution, nous verrons que les susdites fumées sont accompagnées de flammes de peu de durée il est vrai ; mais on peut régulariser cette expérience en ajoutant au chlorure de soufre, non pas du phosphore libre, mais une dissolution de phosphore dans le sulfure de carbone ; c'est là le nouveau feu dont nous venons de parler ; sa fumée est moins épaisse, parce que les matières qui occasionnent celle-ci en l'absence du phosphore, et par conséquent lorsqu'il n'y a pas combustion de feu, étant elles-mêmes très-oxydables, entrent en jeu comme le sulfure de carbone et prennent, de leur côté, part à la combustion.

Pour ne pas être atteint par le liquide ou par les flammes, il faut effectuer le mélange avec précaution, surtout lorsqu'on opère sur une certaine quantité de matière ; dans ce cas, il convient de fixer à l'extrémité d'une tige, le verre qui contient l'ammoniaque ou tout au moins de le tenir moyennant une pince à bec et de verser à bras tendu.

Le sulfhydrate d'ammoniaque produit des effets analogues à l'ammoniaque caustique ; le carbonate d'ammoniaque est bien moins actif.

Si, au lieu de verser directement l'ammoniaque dans le mélange sulfuro-phosphorique, on se borne à y plonger du papier buvard imprégné d'ammoniaque, l'inflammation ne se produit pas tout de suite, sans doute parce qu'il n'arrive pas, dans l'unité de temps, une quantité suffisante d'alcali pour occasionner l'élévation de température et la vivacité de la réaction qui conviennent au succès de l'expérience.

Vous remarquez sans doute la différence qu'il y a, scientifiquement, entre le feu *lorrain* et le feu *fenian ;* celui-ci se produit en vertu de la grande inflammabilité du phosphore, réduit à l'état de division extrême par le fait de l'évaporation du dissolvant ; le feu lorrain, au contraire, s'allume instantanément dans la dissolution même, au moment précis où l'on ajoute de l'ammoniaque.

Dans tous les cas, il y a une grande différence entre ces feux liquides de la chimie contemporaine et le feu *romain* (πυρ ρωμαικον) ou le feu *mède* (πυρ μηδικον) dont parlent les auteurs byzantins, et qui dérivent sans doute du célèbre agent destructeur que le chroniqueur Joinville a fait connaître en Europe sous le nom générique de *feu grégeois*. Ce sont-là des feux de guerre dont je n'ai pas l'intention de m'occuper, d'autant plus que cette question a été traitée avec talent par des hommes spécialement compétents, entre autres le colonel Virlet, directeur de l'École de pyrotechnie de Metz (1).

Au surplus, ces agents de destruction n'étaient pas toujours liquides, et dans plusieurs d'entre eux on voit figurer le salpêtre, le soufre et le charbon. D'autres n'admettent que le soufre associé au pétrole et autres essences très-combustibles. Mais les uns comme les autres n'étaient actionnés que par le feu ; pour les faire brûler, il fallait, au préalable, rapprocher d'eux un corps en ignition.

Les feux liquides modernes échappent tous à cette nécessité, grâce aux agents nouveaux dont la chimie nous a dotés et que nos pères ne pouvaient pas même soupçonner. Ces liquides inflammables peuvent se passer de l'intervention d'un corps portant du feu, car ils réunissent en eux ce qu'il faut pour le développer au moment voulu.

Non-seulement il y a dégagement de chaleur lorsque l'ammoniaque réagit sur le mélange du feu lorrain, mais il y a projection partielle et par conséquent division de la matière, ce qui facilite nécessairement l'inflammation.

Aussi ne réussit-on pas avec les chlorures d'antimoine ou le bichlorure d'étain, — du moins en petit, — bien que ces chlorures s'échauffent en présence de l'ammoniaque.

Cependant les chlorures de phosphore se comportent comme celui de soufre : avec le protochlorure de phosphore, la réaction est d'une violence extrême et sa mise en train demande des précautions plus grandes encore que pour le feu à chlorure de soufre.

Je n'ai pas essayé si l'ammoniaque pourrait être remplacée par certaines bases organiques. Le fait est possible, mais outre que la substitution ne serait pas économique, elle ne serait pas non plus pratique, attendu que la solubilité de ces bases dans l'eau est inférieure à celle de l'ammoniaque, de beaucoup la plus soluble de toutes, comme elle est la plus volatile.

Bien que développant de la chaleur en présence du chlorure de soufre, la potasse et la soude en dissolution aqueuse sont impropres à provoquer l'inflammation du feu lorrain ; le sulfocyanhydrate d'ammoniaque n'y fait rien non plus ; mais le sulfhydrate d'ammoniaque en dissolution dans l'eau se comporte comme l'ammoniaque caustique.

Un feu liquide sans phosphore a été proposé en 1854 par l'auteur innommé dont nous venons de parler et dont je dois respecter l'anonyme. Ce feu est basé sur l'action bien connue que l'acide azotique exerce sur l'essence de térébenthine ; la réaction, comme on sait, se passe avec production de chaleur et de lumière et rappelle en tout les phénomènes que l'industrie des couleurs d'aniline a su dompter et s'approprier dans la confection des hydrocarbures nitrés, tels que la nitrobenzine et ses congénères.

Un autre le fut quelques mois auparavant sous le titre de « *Nouveau feu grégeois* », par le commandant Niepce de Saint-Victor. Une fiole à moitié pleine de benzine et contenant un globule de potassium est jetée dans un bassin, puis cassée d'un coup de gaule ; au contact de l'eau, le potassium s'enflamme et communique le feu à l'hydrocarbure, et, dit le rapporteur (*Cosmos*, du 5 mai 1854) « On a eu le curieux spectacle d'un bassin d'eau couvert de flammes..... Que serait-ce si de pareils feux grégeois s'allumaient sur mer, au milieu d'une flottille en mouvement ? »

Je ne sais si ces expériences ont eu une suite pratique ; tout ce que je puis dire c'est que depuis, on (M. Fontaine) a proposé de remplacer le potassium par le phosphure de calcium, qui est bien meilleur marché.

Ce feu ou « feu à la benzine », que celle-ci soit pure ou mêlée de pétrole ou de sulfure de carbone, a sur tous ses contemporains, même sur ceux que nous présentons ici, l'avantage d'être d'un maniement plus facile et moins dangereux. Les chlorures de soufre et de phosphore sont éminemment caustiques ; leurs vapeurs sont très-irritantes ; elles rongent les métaux et à plus forte raison les matières organiques, mais l'eau les décompose promptement et les anéantit sans retour ; c'est un moyen de rendre ces chlorures inoffensifs, mais il ne convient qu'à eux, car il ne serait pas applicable au feu fénian, l'eau étant sans action sur phosphore et sur le sulfure de carbone qu'elle se borne à surnager.

Il y a cependant un moyen qui permet de désarmer sans retard le le terrible feu fénian et son pareil, le feu lorrain, plus terrible encore et surtout plus prompt, c'est de secouer ces liquides avec certaines dissolutions métalliques, telles que le sulfate de cuivre ou une dissolution d'oxyde de plomb dans la potasse ou la soude ; si la dissolution métallique a été employée en excès, le phosphore se sépare à l'état de phosphure métallique, et le sulfure de carbone en est dépouillé sans altération du reste, tandis que le chlorure de soufre, de phosphore ou autre est décomposé et mis hors de service.

Avec le feu fénian, on obtient, par l'agitation, un précipité noir de phosphure de cuivre ou de plomb. Avec le feu lorrain, on obtient d'abord un précipité jaune contenant du protochlorure de cuivre, mais ce précipité ne tarde pas, lui aussi, à noircir et à se transformer en phosphure et en sulfure de cuivre ; mais le sulfure de carbone sort intact de l'épreuve ; il se réunit en couche opaline au fond du liquide, empâtant même le précipité noir ; on le recueille par décantation pour le faire servir à nouveau.

Avec le plombite de potasse, les choses se passent à peu près de la même manière, à cela près que les produits sont plus complexes. Le précipité brun qui se forme d'abord change de couleur si le liquide s'échauffe ; il blanchit visiblement, car il se sépare entr'autres du soufre et du chlorure de plomb.

Une réaction analogue est produite lorsqu'on verse du plombite de potasse dans du chlorure de soufre exempt de phosphore et de sulfure de carbone.

BULLETIN DES COURS

Salle de la Redoute.

Dimanche, 4 avril, à deux heures de l'après-midi, dans la salle de la Redoute, rue Jean-Jacques Rousseau, 35, M. J. Vinot, directeur du *Journal du ciel*, traitera la question d'astronomie suivante : *Ce qu'il y a dans le ciel*, et ouvrira la discussion sur l'utilité d'introduire cette étude dans l'enseignement primaire.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

---

(1) *Mémoires de l'Académie de Metz*, 1851, p. 286.

REVUE
DES
(OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

(IÈME ANNÉE — NUMÉRO 19 — 10 AVRIL 1869

Paris, 9 avril 1869.

ormément aux présentations du Muséum et de l'Aca-
des sciences, M. Ed. Lartet vient d'être nommé pro-
de paléont logie au Muséum, en remplacement de
rchiac.

'Académie de médecine de Paris a élu, la semaine
re, le successeur de Velpeau dans sa section de patho-
hirurgicale. La section proposait : en première ligne
neuil, professeur à la Faculté de médecine; en deuxième
I. Dolbeau, aussi professeur à la Faculté de médecine ;
sième ligne M. Giraldès; en quatrième ligne M. Mau-
rrin; en cinquième ligne M. Desormeaux ; en sixième
I. Le Fort. A la suite de la discussion des titres, l'Aca-
a complété cette liste en y ajoutant les noms de
oillemier et Trélat.

premier tour de scrutin, sur 73 votants : M. Verneuil
nu 32 voix, M. Desormeaux 13, M. Giraldès 10, M. Voil-
r 9, M. Perrin 5, M. Dolbeau 3. Il y a eu deux billets
. Au second tour de scrutin, sur 72 votants, M. Ver-
a été nommé par 52 voix contre 8 restées à M. Desor-
, 8 à M. Voillemier, 2 à M. Perrin et 2 à M. Giraldès.
di dernier, dans le comité secret, M. Bergeron a lu son
t sur les candidats à la place vacante dans la section
ène. L'élection aura lieu mardi prochain.

e Ministre de l'instruction publique a satisfait au vœu
cadémie de médecine (voyez notre numéro du 27 fé-
1869, page 193), et la révocation de M. Guardia est un
compli depuis trois semaines. Il est vrai que ce n'est
là précisément le langage de l'arrêté ministériel : au
e révoquer M. Guardia, il rapporte l'arrêté qui l'avait
né. Cependant, le même jour, un autre arrêté que nous
reproduit (p. 242, 20 mars 1869), *révoquait* M. Georges
et de ses fonctions au Muséum. Quel peut bien être le
dministratif de cette distinction ?

rrêté concernant M. Guardia a été lu solennellement
secrétaire perpétuel de l'Académie de médecine, au
encement de la séance du 23 mars. Il est à remarquer
es journaux de médecine, — où l'on trouve le procès-
l jusque dans ses minuties les moins intéressantes, —
fait aucune mention de cet arrêté.

Le congrès des Sociétés savantes des départements, qui
enu la semaine dernière à la Sorbonne, a donné lieu,
ie les autres années, à un certain nombre de lectures
ssantes dans la section des sciences de la nature, la
qui nous touche. La commission de physique et de
ie a répété devant ses auditeurs les expériences les plus
remarquables publiées cette année dans l'ordre d'études qui la concerne, notamment les expériences de M. Tyndall sur la polarisation atmosphérique et la coloration bleue du ciel exposées par l'auteur dans nos numéros des 20 mars et 3 avril (pages 242 et 284). Nous publierons samedi prochain le rapport de M. E. Blanchard, secrétaire de la section des sciences, sur les travaux qui ont été récompensés.

Le Ministre de l'instruction publique va instituer de nouveaux prix annuels de 1000 francs, un par chaque académie, auxquels ne pourront prétendre les personnes résidant à Paris. Il sera de plus décerné un prix de 3000 francs entre tous les concurrents, toujours sous la même exclusion.

— La réunion du congrès des Sociétés savantes donne toujours lieu à quelques conférences, notamment dans le sein de l'Association scientifique de France. Nous signalerons particulièrement cette année une conférence de M. Lecoq, correspondant de l'Institut, ancien professeur à la Faculté des sciences de Clermont en Auvergne, sur la question du feu central de la terre.

— La Société ethnologique de Londres vient de consacrer plusieurs séances à des lectures et des discussions fort intéressantes sur les races indiennes.

— Il vient d'être fait à Londres, au siége et sous les auspices de la Compagnie des Indes, une conférence très-importante sur la *Culture du thé dans l'Inde*, avec des statistiques officielles. On sait le rôle capital que remplit le thé dans l'alimentation et le commerce de l'Angleterre. Autrefois, cette précieuse denrée venait exclusivement de la Chine où les Anglais portaient en échange de l'opium. Mais le maintien des relations commerciales avec la Chine a souvent exigé l'intervention des flottes ou même des armées européennes; quoique ces difficultés aient bien diminué aujourd'hui, et que la mission de M. Anson Burlingame doive peut-être avoir pour résultat de les faire disparaître tout à fait, on comprend les efforts de l'Angleterre pour s'affranchir d'un lourd tribut, qu'on n'a même pas toujours été libre d'acquitter sans péril.

— Nous avons le regret d'annoncer la mort de M. Nicklès, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, qui expirait presque au moment où nous publiions sa conférence, samedi dernier. M. Nicklès, déjà malade, avait été, de plus, victime d'un accident de laboratoire. Il était venu cependant à Paris, pour le congrès des Sociétés Savantes ; mais l'état de sa santé, qui empirait davantage, le contraignit de retourner presque aussitôt à Nancy où il mourut. M. Nicklès avait fait un assez grand nombre de recherches originales, et il rendait d'inestimables services à la science française, en publiant d'excellentes analyses des travaux de chimie d'Allemagne

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

THÉRAPEUTIQUE

COURS DE M. GUBLER

Le passé et l'avenir de la thérapeutique. — L'observation clinique et l'expérimentation physiologique

Avant de pénétrer au vif des questions qui font l'objet spécial de cet enseignement, permettez-moi de vous rappeler en quelques mots l'origine, les transformations et les progrès de la thérapeutique, de vous indiquer son état actuel, peut-être son avenir, et de vous exposer brièvement mes principes et la manière dont je conçois l'avancement de la science.

La médecine est, dit-on, l'art de guérir. Assurément elle est plus que cela ; mais cette définition, si défectueuse qu'elle paraisse, a du moins le mérite d'indiquer clairement le but noble et élevé que le médecin, pour rester vraiment digne de ce nom, doit s'attacher à poursuivre. Guérir, telle est la fin vers laquelle doivent converger toutes les connaissances médicales. Dans une école professionnelle, la physique, la chimie, l'histoire naturelle, la physiologie, la pathologie, ne sont pas cultivées pour elles-mêmes, mais seulement en vue de leurs applications pratiques. Ce sont les assises superposées de la science dont la thérapeutique est le couronnement.

Et, chose singulière, on a commencé par le sommet la construction de cet édifice ; de la pyramide, on a d'abord ébauché la pointe. L'empirisme a précédé la science. A une époque reculée, où l'on n'avait pas la moindre notion de la nature des maladies et des lois de leur évolution, non plus que du mode d'action des moyens curatifs, certains remèdes étaient déjà mis en usage contre les blessures et les affections les plus apparentes. Tant est puissant le sentiment de la conservation, tant est impérieux le besoin qui nous porte à chercher dans ce qui nous entoure les moyens de nous soulager ou de nous guérir.

Aucune science ne fut pourtant aussi contestée que la médecine, aucune n'est encore l'objet d'appréciations plus diverses et de jugements plus passionnés. Art divin pour les uns, illusion ou mensonge pour les autres. Molière n'a-t-il pas été jusqu'à dire dans le *Malade imaginaire*. « Je ne vois pas de plus plaisante momerie, je ne vois rien de plus ridicule qu'un homme qui veut se mêler d'en guérir un autre. » A la vérité, Voltaire proclame qu' « un bon médecin peut nous sauver la vie en mainte occasion », et cet hommage peut nous consoler de la blessure qui nous a été faite par notre grand comique. Mais Hippocrate avait répondu d'avance aux critiques des mécréants futurs, dans cette sentence : « Il y a des choses utiles, il y a des choses nuisibles, donc il y a une médecine. »

Platon n'y contredisait pas ; seulement, dans le troisième livre de sa *République*, il fait dire à Socrate : « Est-il dans un État une marque plus sûre d'une mauvaise éducation que le besoin de médecins et de juges » ; ce qui prouve qu'il comptait sur l'hygiène pour se délivrer de la médecine, principalement sans doute de celle qu'il définit *l'art de conduire et en quelque sorte d'élever les maladies*. Repoussant cette *morbiculture*, Socrate voulait qu'on n'entreprît de guérir que les blessés ou les sujets atteints de maladies accidentelles ; il fallait d'après lui laisser glisser sur la pente fatale, sans les retenir, les infirmes et les valétudinaires, tous citoyens inutiles. Cette morale, un peu trop malthusienne, n'est pas la nôtre, et nous pouvons nous flatter de valoir mieux que nos devanciers sous ce rapport.

Il s'est aussi rencontré des hommes qui, dédaigneux des conseils de la science et ne craignant pas de s'improviser guérisseurs, essayaient ainsi sur leurs semblables une médecine de fantaisie et d'aventures. Tel fut Caton l'Ancien, qui poursuivait de ses sarcasmes les savants médecins de la Grèce, tandis que son ignorance osait commettre un livre de médecine, et qu'il traitait bêtes et gens dans sa maison avec des médicaments préparés de sa main. La civilisation actuelle renferme peut-être encore des Catons, moins l'austérité, mais aucun ne s'aviserait de contester à la médecine officielle le droit au respect des gens éclairés et raisonnables, droit qu'elle a conquis depuis longtemps.

La thérapeutique, née de l'instinct et d'un hasard heureux, développée ensuite par l'esprit d'analogie et d'imitation et rationalisée plus tard, a subi dans son évolution toutes les vicissitudes de l'esprit humain. Elle refléta tour à tour les préjugés et les idées régnantes, ou bien les doctrines philosophiques du temps, ce qui revient presque au même, attendu que les erreurs populaires ne sont que les échos attardés des doctrines passées de mode.

A l'époque où les dieux intervenaient sans cesse dans les affaires humaines, où des fléaux déchaînés par eux les vengeaient du mépris des hommes, où la colère d'Achille et les convulsions d'Hercule accusaient le maléfice d'Apollon, il fallait bien conjurer le mal par des prières et des sacrifices. Dès lors les prêtres, ceux d'Égypte comme ceux du paganisme grec et romain, devinrent les dépositaires du pouvoir justement envié de préserver et de guérir. Pour conserver ce privilége, ils imaginèrent toutes sortes de pratiques superstitieuses : la magie, les attouchements, les charmes, les incantations, précurseurs des amulettes, de la poudre de sympathie, etc., etc., pratiques qui se sont propagées jusqu'à notre époque et qui règnent encore à l'ombre de l'ignorance. Nos rois n'ont-ils pas conservé jusqu'à Louis XIV le don de guérir les écrouelles par l'imposition des mains, et l'eau de la Salette, en plein XIXe siècle, ne fait-elle pas régulièrement des miracles ?

Quand on considère de haut les faiblesses humaines, quand on s'élève dans ces régions sereines où l'indulgence prend la place d'une juste sévérité, on parvient à découvrir un bon côté jusque dans les abus de ces étranges aberrations. Les pratiques dont il s'agit frappaient l'imagination du malade ; elles lui inspiraient une confiance, assez sotte, je l'avoue, mais enfin elles affermissaient son moral et contribuaient de la sorte à lui faire traverser sans encombre la crise périlleuse. A ce titre, nous consentons à les absoudre.

A côté de cette médecine de supercheries et de fascinations, de sorcellerie et de magie, il s'en développa toujours parallèlement une autre qui devint à la vraie science ce que la mythologie fut à l'histoire. La mythologie personnifiait les astres et les météores, les phénomènes naturels et les sentiments ou les passions ; de son côté, la médecine des centaures et des matrones attachant une vertu spécifique à chaque substance, comme elle accordait une existence concrète à chaque affection, tenait à la disposition de ses clients une collection de recettes et de panacées infaillibles. De nos jours, vous le savez, ce commerce est encore passablement lucratif.

re ces deux erreurs, propagées par l'ignorance ou la aise foi, la vraie science ne parvint que lentement et lement à se constituer.

nancipation date du jour où des hommes nés pour rvation commencèrent à chercher dans les lois natu- la raison des accidents morbides ; elle date du jour où mier d'entre eux entrevit dans le vague d'une physio- rudimentaire l'explication des phénomènes observés. On nsuite la thérapeutique, subissant d'incessantes méta- hoses, se faire, sinon absolument passive et contempla- du moins garder vis-à-vis de la maladie une sorte de alité armée, avec les naturistes; s'attaquer aux tissus es solidistes ; les resserrer ou les relâcher avec les mé- tes, partisans du *strictum* et du *laxum* ; régénérer le t les autres fluides avec les humoristes ; neutraliser les is par les acides, et réciproquement, dans la doctrine chimique, etc., toujours à la remorque d'un système ophique ou médical, toujours en arrière par conséquent atres parties de la science ; si bien que Stahl, dont isme pouvait à la rigueur se passer de la thérapeu- saisi de découragement à l'aspect d'un tel entasse- d'erreurs ou de préjugés, se contenta d'émettre le vœu ine main hardie entreprît de nettoyer cette étable as ».

treprise, à ce qu'il paraît, tenta le courage de Bichat, avait sondé les difficultés et qui disait de la thérapeu- « Incohérent assemblage d'idées incohérentes, elle eut-être de toutes les sciences physiologiques celle où eignent le mieux les travers de l'esprit humain. Que n ? ce n'est point une science pour un esprit métho- e, c'est un ensemble d'idées inexactes, d'observations à bizarrement conçues que fastidieusement assemblées. dit que la pratique de la médecine est rebutante ; je *plus*, elle n'est pas, sous certains rapports, celle d'un me raisonnable, quand on en puise les principes dans upart de nos matières médicales. » Mais la mort vint le glorieux jeune homme au milieu de cette œuvre esque et vraiment herculéenne. Cependant l'auteur *natomie générale* laissa, dit-on, un travail déjà très- . Mérat et de Lens se flattent de l'avoir eu entre les ; par malheur, il n'a jamais reçu un commencement licité, et je n'ai pu en retrouver la trace.

les idées consignées par Bichat dans l'introduction de *mie générale* appliquée à la physiologie et à la méde- e laissèrent pas que de pénétrer dans la pratique de mps, et d'imprimer leur cachet aux ouvrages relatifs érapeutique qui parurent dans les premières années cle. C'est ainsi que les *Traités* de Schwilgué (1809), de r d'Amiens (1810 et 1818), d'Alibert (1817), peuvent nsidérés comme appartenant à l'école de Bichat. Et Alibert fut longtemps professeur de thérapeutique, on re que ce furent les opinions de Bichat qui régnèrent école de Paris dès le commencement de la restaura- es médicaments y sont dépossédés de leurs vertus rbutiques, antipyrétiques, antihystériques, et de tant s propriétés imaginaires qui ne sauraient qu'être *athiques* aux bons esprits ; on proclame leur action ogique sur les tissus et les propriétés vitales des orga- voir, les contractilités sensible et insensible, la sensi- organique et celle de la vie de relation. A la vérité, tateurs de Bichat accordèrent une trop grande pré- pondérance aux modifications de la contractilité insensible, ils tombèrent alors dans la même exagération qu'on pourrait nous reprocher à l'égard de l'action des vaso-moteurs ; mais enfin ils eurent le mérite de ramener la thérapeutique dans les voies de la physiologie, d'où elle n'est plus sortie et qu'elle n'abandonnera plus.

La doctrine de Broussais semblait appelée à donner l'élan à cette thérapeutique nouvelle. Il n'en fut rien. Fondé sur une base rationnelle mais trop étroite, le physiologisme du Val-de-Grâce devint nécessairement exclusif de la majeure partie de la matière médicale dont l'action était réputée incendiaire. S'il ne faussa pas les principes de la science, il amena cependant une éclipse presque totale de la thérapeutique, qui ne dura pas moins d'une quinzaine d'années et laissa plusieurs générations médicales dans les plus profondes ténèbres. Les praticiens, d'abord volontairement désarmés, devinrent bientôt ignorants des ressources que la matière médicale avait mises entre leurs mains. Pour les ramener aux saines traditions, il fallut vaincre leurs préjugés contre les médicaments actifs et refaire toute leur éducation. La tâche n'était pas facile. Quelques adversaires de Broussais s'y dévouèrent, voulant ainsi effacer les dernières traces de la doctrine ennemie. Dans cette circonstance, comme toujours, la réaction dépassa le but. On ne se contenta pas de démontrer que la doctrine du Val-de-Grâce était insuffisante, on lui dénia toute part de vérité ; on ne se borna pas à prouver que l'inflammation n'était pas l'unique procès morbide, et que, n'étant pas une et toujours semblable à elle-même, elle réclamait, selon les cas, des traitements très-divers; on refusa de voir l'inflammation où elle était réellement, et, par un retour fâcheux vers les errements de l'ontologisme ; on réhabilita le dogme de la spécificité absolue des maladies et de celle des médicaments. Le grand Laënnec, car le génie lui-même a ses défaillances, s'était fait le promoteur de ces idées rétrogrades. Ce fut néanmoins une brillante période pour la thérapeutique que celle des quelques années qui suivirent la chute du physiologisme.

Les esprits, échauffés par la lutte, éclairés déjà par la discussion, étaient prêts à recevoir la semence féconde de la vérité, lorsque les illustres auteurs du *Traité de thérapeutique* entrèrent en lice. Leur magnifique ouvrage, révélation d'une science ensevelie dans l'oubli, fit pour ainsi dire l'effet d'une découverte paléontologique ; il piqua la curiosité, excita l'intérêt, et servit puissamment à répandre l'instruction. Il s'ensuivit une révolution dans les idées et les habitudes des médecins praticiens, révolution qui s'est régularisée depuis, et qui se continue activement sous nos yeux par l'intervention de toutes les générations médicales formées à l'école de MM. Trousseau et Pidoux.

La réhabilitation des agents de la matière médicale ; la connaissance plus exacte et plus approfondie de quelques-uns, tels que la belladone ; l'extension des applications de la plupart d'entre eux ; des vues neuves et judicieuses sur les médications, des tentatives heureuses dans la voie expérimentale, partout le cachet d'une expérience clinique consommée : voilà les principaux mérites de ce grand ouvrage bien perfectionné depuis, devenu classique, traduit dans la plupart des langues de l'Europe, et parvenu maintenant à sa huitième édition !

Les idées défendues dans l'œuvre commune, Trousseau vint les développer dans cette chaire, et les propager avec

toute l'autorité de sa haute position et de son immense talent. Beaucoup d'entre nous ont eu le bonheur d'entendre cette parole vibrante, animée, pittoresque, qui se gravait si bien dans l'esprit des auditeurs. Nul, en effet, ne porta plus haut l'art d'énoncer les choses de la science dans un langage clair et élégant, de souligner les points importants, de soutenir l'attention par des exemples choisis à propos et bien enchâssés dans l'exposition générale du sujet. Trousseau était en un mot le modèle du professeur éloquent et persuasif; et, lorsque après avoir jeté le plus vif éclat sur la clinique médicale de l'Hôtel-Dieu, il revint à sa chaire de prédilection, la foule, avide de l'entendre, se pressa autour de lui comme aux meilleurs jours. On assistait, en quelque sorte, à une seconde restauration de l'enseignement thérapeutique; car un des plus dignes représentants de la grande école anatomo-pathologique française, le professeur Grisolle, qui avait occupé la chaire dans l'intervalle, n'avait jamais considéré cette position que comme un acheminement vers la clinique où l'appelaient toutes ses tendances et toutes ses aptitudes.

Par malheur, cet échange de chaires qui remettait chacun à sa place et qui semblait devoir être si profitable à l'intérêt général, ne porta pas tous les fruits sur lesquels on était en droit de compter. Le professeur Grisolle, bientôt frappé de paralysie, fut perdu pour la science. Trousseau, dont le caractère vraiment chevaleresque ne se démentit en aucune circonstance, et qui avait décidé de prendre sa retraite, afin, disait-il, de donner l'exemple et pour faire place à de plus jeunes, Trousseau, en pleine possession de son talent et de son succès, quitta l'enseignement qu'il avait illustré.

Mon regretté et vénéré maître ne devait pas survivre longtemps à cette séparation volontaire d'avec la jeunesse qu'il avait tant aimée.

Ce n'est pas ici le lieu d'insister sur la grandeur d'âme et les autres qualités éminentes de Trousseau; si l'on veut s'en faire une idée, il faut parcourir les pages éloquentes que son ami et collaborateur, M. Pidoux, vient de lui consacrer. Tout ce que je puis vous dire de cet éloge, c'est qu'il part d'un grand esprit et d'un grand cœur.

On pouvait craindre, après la retraite de Trousseau, que l'enseignement de la thérapeutique ne vint à déchoir. M. le professeur Sée, appelé à l'honneur de lui succéder, s'efforça de maintenir et même de rajeunir cet enseignement, en lui transfusant les idées nouvelles et les faits inédits puisés dans la riche littérature germanique. Notre savant collègue déploya dans cette tâche une activité vraiment méritoire.

Au reste, en ce temps de libre concurrence, il n'y avait pas d'interrègne possible. A côté de nous, non loin de cette enceinte, prospère un enseignement élémentaire privé qui fut et qui restera longtemps encore, je l'espère, un auxiliaire puissant de celui de la Faculté. Vingt générations d'élèves ont puisé, dans les cours de M. le docteur Martin-Damourette, des connaissances étendues et sûres. Honneur donc à ce professeur libre aussi savant que modeste, l'émule et l'ami d'un autre professeur aimé, d'un physiologiste éminent que la maladie tient encore éloigné de ses travaux : j'ai nommé M. Martin-Magron!

C'est le moment de jeter en arrière un rapide coup d'œil pour marquer les étapes et mesurer le chemin parcouru par la thérapeutique avant d'arriver à son état actuel.

Au point de départ, étancher le sang des blessures, en extraire les flèches ou les javelots, appliquer un bandage: voilà à quoi se bornait le rôle du chirurgien. Quelques simples, surtout des vulnéraires et des cordiaux, le baume de la Samaritaine; puis des bains liquides et des fumigations, des lavements, des balsamiques comme antiputrides; des onguents et la graisse de crocodile contre le rhumatisme, et plus tard un entassement de produits, surtout de plantes en nature; peu de substances minérales (alun, nitre, orpiment, vert-de-gris), tel était le bilan de la médecine primitive. Sa caractéristique était la suivante : application aveugle, routinière, de recettes banales.

A la longue, on finit par distinguer et catégoriser les cas d'après des similitudes plus apparentes que réelles, et les médicaments commencèrent à se classer eux-mêmes. Ceux d'origine minérale augmentèrent progressivement de nombre et d'importance avec les travaux des alchimistes. En même temps on vit se dégager de plus en plus les principes actifs, d'abord sous forme d'extraits, de teintures, de ce que le fameux Paracelse appelait des *quintessences*, ensuite à l'état de principes immédiats, neutres ou alcalins. Dès le XVIII[e] siècle, l'Académie royale des sciences comprit l'utilité de l'analyse chimique appliquée à l'étude des principes actifs des drogues; mais, les lois de la chimie organique n'étant pas encore dévoilées, l'Académie s'engagea dans la vaine recherche de la composition élémentaire des substances organiques. Il fallut les découvertes de la chimie moderne pour amener les praticiens à l'abandon graduel des médicaments composés, et répandre de plus en plus l'usage des préparations simples, ou du moins peu compliquées, et surtout celui des principes immédiats, des alcaloïdes, représentant les principales vertus des plantes médicinales. La réforme de la pharmacopée galénique, ardemment réclamée dès 1785 par Fourcroy, préconisée par Pinel, Schwilgué et plusieurs autres, peut être considérée comme accomplie depuis le règne du physiologisme broussaisien et la restauration de la thérapeutique par MM. Trousseau et Pidoux.

Cependant, depuis le XV[e] siècle et la découverte de l'Amérique, les voyageurs ont doté la matière médicale d'un grand nombre de produits nouveaux, parmi lesquels il me suffira de citer l'ipéca, le quinquina et l'acquisition toute récente de la fève du Calabar. La chimie, à son tour, nous a donné l'éther, le chloroforme, les alcaloïdes, l'iode, le brome, etc., et ses travaux accroissent incessamment nos richesses. Mais deux circonstances surtout ont contribué à renouveler la face de la thérapeutique : c'est, d'une part, l'introduction de la physiologie dans cette partie importante de la médecine, avec des applications plus rationnelles des agents de la matière médicale par Cullen, Schwilgué, Alibert et l'école de Bichat, ainsi que par Trousseau et Pidoux, par Pereira et les auteurs modernes; d'autre part, c'est l'emploi plus général des vivisections et autres expériences sur les animaux, lesquelles, déjà pratiquées par Galien et appliquées dès le siècle dernier à la connaissance des actions médicamenteuses, notamment par Schwilgué, Pinel et Landré-Beauvais, sont devenues un des plus puissants moyens de conquête de la science moderne.

Grâce à toutes ces causes réunies, la thérapeutique est parvenue de nos jours à un degré de perfection relative, dont nous serions tentés d'être fiers si nous pouvions oublier un instant la grandeur de la tâche qui nous reste à accomplir, si nous pouvions nous faire la moindre illusion sur la hau-

u but, les difficultés de la route et la faiblesse de nos s.

primer la plupart des causes pathogéniques par une nte hygiène publique et privée; conjurer les maladies utonomes par une médecine préventive, appropriée; r toujours les troubles purement fonctionnels; réparer nbreux désordres anatomiques, et guérir la plupart des ons diathésiques, sinon dans l'individu, du moins dans e : voilà l'idéal vers lequel aspire la thérapeutique, et lle ne peut approcher qu'à la faveur des efforts con- de plusieurs générations d'observateurs pourvus d'une méthode et dirigés par les principes d'une sage philo- e.

agit maintenant de nous entendre sur cette question mentale.

lques-uns d'entre vous connaissent déjà mes principes; l'occasion de les développer plus d'une fois par la pa- u dans mes écrits; mais il est indispensable que je les te sous vos yeux. Pour épargner du temps, je vous de- e, messieurs, la permission d'en emprunter l'exposé ict à la préface de mes *Commentaires thérapeutiques du* , publiés il y a plus d'un an.

rès avoir déclaré qu'il n'y a que des actions physiolo- s suivies ou non de résultats thérapeutiques, j'ajou-

'abord il n'y a que des actions physiologiques, en ce sens l'une part, les médicaments sont uniquement des mo- teurs d'organes ou de fonctions, et nullement des anta- tes d'entités morbides, et que, d'autre part, ils agissent nté comme en maladie..... » En second lieu, il n'existe, dire, ni propriétés ni vertus thérapeutiques. Le soula- nt et la curation d'un mal ne sont pas le résultat d'une engagée contre celui-ci par un agent capable de le battre et de le neutraliser directement, comme ferait une par rapport à un acide. Ce bénéfice est la conséquence hangements apportés dans la composition chimique, la ture et les actes organiques du sujet, etc. »

s haut j'avais dit : « Les agents thérapeutiques ne se portent pas autrement, ou plutôt ils n'agissent pas en d'autres lois chez un malade que chez un sujet sain. les deux cas, ils n'atteignent que nos organes pour en fier la composition et la structure, ou les actes sécré- s, moteurs, sensitifs, nutritifs et plastiques. » Et plus : « Les lumières de la biologie dissiperont le fantôme de écificité morbide et de la spécificité thérapeutique..... loctrine des vertus spécifiques des remèdes issue de ologisme périra avec lui, et quand l'action physiologique médicaments sera parfaitement connue, la thérapeutique era plus qu'un corollaire de la physiologie. »

ut-il m'expliquer davantage sur la question de doctrine? besoin de vous dire si je me range dans le camp des or- ciens ou sous la bannière du vitalisme? Au fond, cette stion n'a pas l'importance qu'on lui attribue.

ntre les spiritualistes et les sensualistes, entre les matéria- s et les animistes, les vitalistes et les organiciens, la dis- nce porte toujours sur le même point : la séparation ou onfusion de la matière et de la force. Que la matière soit érale ou organique, que la force s'appelle *attraction* ou c'est toujours le même problème qui se dresse devant s.

our ceux qui n'admettent comme réel que ce qui tombe sous nos sens, il n'existe que de la matière et des propriétés ou qualités de cette matière.

Pour ceux, au contraire, qui croient que notre esprit ne crée rien, et qui cependant conçoivent des abstractions, pour ceux-là les choses abstractives doivent être aussi réelles que le sont les phénomènes sensibles. Pour moi, je ne vois pas comment l'accord pourra jamais s'établir entre ces deux opinions.

Qui nous montrera la force motrice distincte du projectile en mouvement? Qui nous fera voir que le boulet ne se meut qu'en vertu d'une modalité transitoire de la matière qui le compose. Mon esprit se refuse à comprendre la force subsis- tant par elle-même, mais il ne comprend pas davantage la transmission d'un je ne sais quoi dépourvu de toute existence propre, qui s'effectuerait d'un objet à un autre. Quand une bille d'ivoire en met une seconde en mouvement, elle ne lui cède pas de matière, et cependant elle lui donne quelque chose qu'elle perd elle-même; ce quelque chose existe donc indépendamment de la masse à laquelle il se trouve momen- tanément associé. Ce que je dis de la force, à plus forte rai- son le dirai-je du temps, dont l'existence me semble indépen- dante des phénomènes qui nous servent à le mesurer. Le temps ne saurait plus, comme la force, représenter une ma- nière d'être de l'aiguille qui parcourt le cadran, de la terre qui tourne sur elle-même, des astres qui gravitent dans les espaces planétaires. Un nombre incalculable de phénomènes se passent au même instant dans l'univers, et cette portion de l'éternité n'appartient en propre à aucun d'entre eux. Le temps subsisterait essentiellement quand même aucun évé- nement ne viendrait en partager le cours.

Toutefois comment saisir le temps et l'espace, si ce n'est par la durée des phénomènes dont nous sommes témoins, ou par l'étendue des objets que nous pouvons toucher ou me- surer du regard?

Reconnaissons donc que ce sont là des problèmes inaccessibles à la science, et ne consumons pas notre intelligence à la recherche d'une solution qui paraît devoir nous échapper tou- jours. Que la force soit indépendante de la matière ou qu'elle n'en soit qu'un attribut, question de métaphysique dans laquelle la science proprement dite n'a rien à voir; mais puisque en bonne logique il faut éviter de multiplier les êtres de raison, on peut s'en tenir provisoirement à la conception de la *force-attribut*, ce qui nous conduit au *vitalisme orga- nique*, si brillamment exposé, si énergiquement défendu par l'un des esprits les plus éminents de notre époque, mon sa- vant maître et ami, M. Pidoux. Ce n'est peut-être là qu'un compromis, qu'un expédient; mais il a ce mérite de nous restreindre dans le cercle des faits, et de nous interdire le domaine de l'hypothèse pure où va s'engloutir toute véritable science.

Voilà notre profession de foi quant aux principes scienti- fiques.

Reste la méthode, plus importante peut-être que les prin- cipes eux-mêmes. A mon avis, il n'y en a qu'une bonne : bien observer et rigoureusement induire; rapprocher les faits par voie analogique et les subordonner logiquement, de ma- nière à s'élever à des faits de plus en plus généraux et com- préhensifs, décorés du titre de lois. Un illustre chimiste, M. Chevreul, la désigne sous le nom de méthode expérimen- tale *à posteriori*. C'est la méthode formulée, sinon imaginée par Bacon; c'est aussi, par excellence, celle de la philosophie

positive à laquelle se rallient désormais tous les esprits sévères.

Mais, si la définition de la méthode est généralement acceptée, l'accord cesse dès qu'il s'agit de préciser le meilleur moyen d'arriver à la connaissance des faits. Sous ce rapport, les savants semblent vouloir se partager en deux camps : les uns attachés à l'observation ancienne ; les autres partisans exclusifs de l'expérimentation sur les animaux. Ceci cache un malentendu qu'il importe de faire cesser.

Nous devons à l'expérimentation sur les animaux d'inestimables conquêtes : la distinction rationnelle des racines antérieures et postérieures par Magendie, Ch. Bell et M. Longet, l'éminent professeur de physiologie de cette école; la glycogénie hépatique par le plus célèbre de nos physiologistes, M. Cl. Bernard; les voies de transmission des impressions sensitives, par mon savant ami et collègue, M. Brown-Séquard ; la régénération nerveuse, par le même physiologiste et par l'un de ses plus dignes émules, M. le professeur Vulpian, etc.

Faut-il donc proclamer la supériorité absolue de ce procédé d'investigation, et l'observation, désormais inutile ou superflue, doit-elle être reléguée dans un coin de la galerie de l'histoire du travail?

En agir ainsi serait à la fois injuste, imprudent et irrationnel.

Ce serait de l'injustice et de l'ingratitude, puisque nous devons à l'observation le meilleur de nos connaissances.

Ce serait imprudent, car nous nous priverions ainsi, de gaieté de cœur, d'un moyen d'investigation à la disposition de tous ceux qui cultivent la science ; tandis que l'expérimentation, même débarrassée des entraves de la Société protectrice des animaux et de la sensiblerie de quelques efféminés ou de quelques hypocrites, l'expérimentation, libre dans ses allures, ne sera jamais que le privilége d'un petit nombre.

Ce serait irrationnel, attendu que l'observation s'applique au fait expérimental aussi bien qu'au fait de hasard.

L'expérimentation, sachez-le bien, n'est autre chose qu'un procédé à l'aide duquel le savant suscite un phénomène dont il cherche à déterminer les lois ; mais lorsque l'expérimentateur est parvenu à réaliser les conditions de ce phénomène, il faut bien qu'il en observe l'apparition, la durée, l'intensité et tous les autres caractères, afin de constater ses rapports de succession ou de causalité, eu égard à d'autres phénomènes connus, et d'en déterminer la nature.

A part l'idée hypothétique dont on cherche la vérification, à part la conception du dispositif de l'expérience, l'opération de l'esprit qui s'exécute alors est fondamentalement la même que celle à laquelle se livre l'observateur proprement dit. Celui-ci, je l'accorde, est plus contemplatif; l'expérimentateur, suivant l'expression pittoresque de M. Cl. Bernard, est plus conquérant; mais tous deux mettent en jeu les mêmes facultés, tous deux observent, soit des faits voulus ou provoqués, soit des faits relativement spontanés et que le hasard a placés sur leur chemin. L'individu avide de vérités et pressé de jouir, doit recourir à l'expérience ; l'humanité, qui a devant elle la suite indéfinie des temps, peut à la rigueur s'en passer. Loin de moi la pensée de blâmer ceux qui vont au-devant de l'observation, et de leur préférer absolument ceux qui l'attendent : question de tempérament, question de mœurs. L'expérimentation convient mieux à ce siècle d'ardeurs impatientes.

Au reste, chaque méthode a ses mérites particuliers. L'homme qui sacrifie des animaux arrive souvent plus vite à dégager de cette chair palpitante les inconnues des problèmes compliqués de la vie ; il apporte parfois à la théorie ses appuis les plus solides et ses démonstrations les plus éclatantes. En rendant un grand nombre d'adeptes témoins de ces faits expérimentaux, il décide les fortes convictions et propage une science plus sûre d'elle-même. Mais, à côté de ces avantages, il faut bien reconnaître certaines infériorités. Sans parler des faiblesses de l'expérimentateur, de ses illusions, des interprétations erronées, des conclusions hâtives, des applications prématurées ; sans tenir compte des contradictions entre les autorités les plus recommandables ; sans insister sur l'assimilation impossible des résultats observés chez des grenouilles et même des mammifères herbivores, à ce qui se passe chez l'homme, je signalerai d'autres conditions défectueuses. Beaucoup de phénomènes sont difficiles à saisir ou sont impossibles à constater chez les animaux. Les premiers degrés passent inaperçus ; quant aux phénomènes subjectifs, ils échappent presque entièrement. Comment reconnaître chez eux les troubles légers de la sensibilité tactile dans ses différents modes, ainsi que des sensibilités spéciales? Comment savoir s'ils éprouvent de l'engourdissement, des douleurs fulgurantes, des mouches volantes, de la photopsie, ou bien de la céphalalgie, du délire, de l'amnésie et de la torpeur musculaire? Et, remarquez-le bien, l'existence de tels symptômes au début des expériences ne saurait s'induire de la circonstance qu'ils deviennent évidents dans les périodes plus avancées, car les effets des agents mis en œuvre sont souvent inverses, selon que l'action est légère ou violente. On ne s'étonnera donc pas si j'avance que, dans un grand nombre de cas, les expérimentateurs ont méconnu les premiers stades des effets provoqués intentionnellement, et que leur attention ne s'est fixée que sur les manifestations grossières des désordres occasionnés par les substances médicamenteuses ou toxiques. A ne tenir compte que des résultats obtenus, on serait plus d'une fois tenté d'admettre une grande similitude d'action entre les agents les plus opposés, entre le nitrate d'argent et l'aconitine ou l'atropine, entre l'opium et la strychnine, entre la ligature des veines et la saignée des artères.

L'observation clinique conduit à de tout autres conséquences. Ici les troubles sont plus nombreux, plus faciles à observer ; le malade intelligent les accuse dès leur début et sait en donner la formule exacte. Il n'y a pas d'expérience qui puisse tenir lieu de ces renseignements, surtout quand le médecin est le sujet de sa propre observation. Les lésions spontanées ont aussi sur les traumatismes intentionnels un avantage incontestable, c'est de se présenter quelquefois plus simples et plus dégagées de toute complication pouvant fausser le résultat. Par exemple, une petite hémorrhagie sur le trajet encéphalique du nerf vague démontrera mieux l'influence de ses racines sur sa triple fonction respiratoire, circulatoire et digestive, que ne ferait une incision de la substance de l'isthme, laquelle incision, supposant une solution de continuité des méninges, de la colonne vertébrale, des muscles et de la peau, entraîne des désordres capables de masquer les symptômes propres à la lésion des origines du pneumogastrique.

Mon illustre et vénéré maître, Fr. Lallemand, a montré dans sa thèse tout le parti qu'on peut tirer des faits pathologiques pour éclairer les questions de physiologie. Après l'a-

il serait permis de dire avec Hippocrate que « les nces les plus positives en physiologie ne peuvent de la médecine ». Sans aller jusque-là, je ne crains rmer que la science fonde avec raison autant d'espé- r l'observation clinique que sur les vivisections, sur tration thérapeutique des médicaments chez l'homme es expériences d'empoisonnement pratiquées sur les La pathologie reste encore, suivant la belle expres- . Coste, « cette grande lumière de la science phy- e..., la sœur aînée de l'expérimentation et souvent ».

au caractère *explicatif* et *conquérant* qu'il faudrait exclusivement à l'expérimentation, l'éminent pro- u Collége de France, s'appuyant sur des exemples l'histoire naturelle et de l'embryogénie, démontre sciences d'observation sont explicatives et conqué- la nature vivante, à peu près au même titre que ces expérimentales.

t pas tout. Il est moins facile qu'on ne le pense de ns le progrès scientifique, la part qui revient à nce proprement dite et à l'observation pure. Il n'est linicien, par exemple, qui n'ait à peu près tous les casion de joindre des expériences à la constatation tômes du mal. Ainsi, lorsqu'il a découvert du liquide entre par la palpation et la percussion, il s'enquiert de la question de savoir si le liquide est libre ou in- Pour éclairer ce doute, il fait changer la position du et s'assure ainsi que le liquide obéit sans obstacle aux pesanteur. Voilà une expérience. Et, pour prendre mple dans des faits thérapeutiques, je dirai que le qui, se laissant guider par des raisons analogiques, administration du sulfate de quinine, des fièvres pa- toutes les fièvres d'accès, de celles-ci aux névralgies tentes, et finalement aux fluxions sanguines inflam- celui-là fait à chaque pas une expérience nouvelle.

cette discussion, messieurs, peut se résumer ainsi : iste qu'un seul moyen de connaître les faits, c'est tion.

nent, tantôt le savant se borne à regarder les phéno- ls qu'ils se présentent; tantôt, au contraire, il les e afin de les mieux étudier.

toute la différence entre l'*expérimentation* et l'*obser- ure et simple*. M. Coste a donc eu raison de dire que imentation doit être subordonnée à l'esprit d'obser- ui l'institue et la gouverne ».

urs, les deux procédés sont incessamment mêlés et is dans l'*expérience* journalière.

tique comme en théorie, il n'y a donc pas lieu de er. Il est même indispensable de les faire concourir ement de la science en demandant à chacun d'eux ces particuliers qu'il peut rendre. Pourquoi nous d'un de ces précieux instruments de progrès? Ce ut-être lâcher la proie pour l'ombre.

ons-nous donc à la conquête des vérités nouvelles voies de l'expérimentation, mais donnons à celle-ci trôle et pour sanction la froide et impartiale obser- inique. Accroissons par tous les moyens nos richesses ues, mais gardons-nous de dissiper follement le s connaissances positives léguées par la tradition .

GUBLER.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

VI

Les agents anesthésiques n'agissent que dans le sang. — Anesthésie par la chaleur et le froid. — L'anesthésie est-elle une asphyxie?

Les agents anesthésiques ne peuvent agir sur l'organisme qu'autant qu'ils pénètrent dans le sang. C'est là, du reste, un principe général qui est vrai pour toutes les substances capables de modifier les phénomènes physiologiques. L'éther et le chloroforme doivent donc d'abord être absorbés avant d'agir sur l'organisme, et cette absorption doit, dans les animaux supérieurs, avoir lieu par les poumons. La surface respiratoire est à la fois, pour les substances gazeuses, une surface d'absorption et d'élimination. Dans les conditions normales, elle absorbe de l'oxygène et exhale de l'acide carbonique; mais elle peut aussi emprunter à l'atmosphère d'autres matières gazeuses que l'oxygène, comme elle peut éliminer d'autres gaz que l'acide carbonique. C'est ce qui arrive quand le sang contient exceptionnellement des substances volatiles étrangères à sa constitution normale. Nous savons que, si l'on introduisait l'éther et le chloroforme dans les voies veineuses générales, ces agents anesthésiques arriveraient directement dans les poumons, où ils s'élimineraient sans produire aucune action sur l'organisme. Tout le monde sait, par exemple, qu'on peut prendre une grande quantité d'éther en potion sans être anesthésié le moins du monde; il y a seulement une action locale sur l'estomac. Au contraire, si les vapeurs d'éther ou de chloroforme se présentent directement au poumon, elles sont absorbées à sa surface et pénètrent ainsi dans le système artériel, tandis que, dans l'autre cas, elles ne pouvaient pas y arriver.

Or, toutes les substances capables de modifier l'organisme d'une manière quelconque ne peuvent agir sur lui que dans le sang artériel. Quand j'ai montré autrefois qu'il fallait considérer le sang comme un milieu intérieur pour tous les éléments des organes, c'est surtout du sang artériel que je voulais parler; car, dans les veines, le sang ne fait guère que circuler et se charger de matières nutritives ou de substances actives qu'il mettra plus tard en action. Si ces substances actives ne parvenaient point dans le sang artériel, il ne se produirait donc aucune action.

C'est ce qui arrive, en général, pour les matières volatiles introduites dans le système veineux, puisque ces matières, avant d'atteindre les artères, doivent passer par les poumons où elles s'éliminent. Ainsi, certaines eaux minérales, dont on fait un très-large emploi en thérapeutique, contiennent une grande quantité d'acide sulfhydrique, gaz très-toxique; cependant cela n'empêche pas d'en boire sans aucun danger de s'empoisonner, parce que l'acide sulfhydrique s'élimine pendant le passage du sang à travers les poumons. Mais si la substance était peu volatile, comme l'alcool par exemple,

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194 et 258, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février et 27 mars 1869, et les numéros indiqués à la note de renvoi, page 98.

elle ne s'exhalerait qu'incomplétement dans les poumons, et il en resterait dans le sang artériel une quantité suffisante pour agir plus ou moins énergiquement. C'est pour cela que les boissons alcooliques enivrent lorsqu'on en prend trop, bien qu'elles s'éliminent en partie par le poumon.

Enfin, lorsqu'il s'agit de substances toxiques ou médicamenteuses fixes, comme la quinine, le strychnine, tout ce que l'absorption a fait pénétrer dans le sang veineux passe dans le système artériel et y exerce son action sur l'organisme.

C'est donc un principe général de physiologie, que lorsqu'une substance quelconque agit sur l'organisme, il faut qu'elle agisse dans le sang. On avait pourtant contesté ce principe pour le chloroforme et l'éther. On a prétendu que ces agents anesthésiques n'avaient pas besoin de pénétrer dans le sang pour produire l'insensibilité.

Il y avait un moyen tout simple de prononcer sur cette question, c'était d'examiner s'il se trouvait en effet du chloroforme dans le sang des animaux pendant la durée de l'anesthésie. La recherche du chloroforme est facile à faire, et voici l'appareil que nous employons pour cela.

Vous voyez un ballon de verre au fond duquel se trouve une certaine quantité de sang. Le col de ce ballon est fermé par un bouchon de liége au travers duquel passent deux tubes de verre. L'un, droit et ouvert à ses deux extrémités, descend jusque dans le sang, où il conduit ainsi l'air atmosphérique extérieur. L'autre descend seulement au milieu de la petite atmosphère confinée formée au-dessus du sang par la capacité du ballon ; à sa partie supérieure, en dehors du ballon, il se recourbe à angle droit, et aboutit à un tube de porcelaine placé au-dessus d'un fourneau qui permet de le chauffer à la température rouge convenable. A son autre extrémité, le tube de porcelaine communique avec des tubes de Liebig, contenant une solution d'azotate d'argent. Enfin, ces tubes de Liebig sont eux-mêmes en rapport avec un aspirateur constitué par un grand flacon de verre bien clos et rempli d'eau qu'on peut faire écouler progressivement à l'aide d'un robinet placé à sa partie inférieure.

Lorsqu'on ouvre ce robinet, le niveau de l'eau baisse dans l'aspirateur, et il se produit ainsi un vide. Ce vide aspire, pour se remplir, l'air de la petite atmosphère confinée, ménagée au-dessus du sang dans le flacon qui reste en communication avec la partie supérieure de l'aspirateur à l'aide des différents tubes que nous venons de décrire. Il est remplacé lui-même par de l'air atmosphérique extérieur, qui pénètre dans l'appareil au moyen du tube droit en traversant le sang.

Si le sang contient du chloroforme, ce chloroforme se trouve chassé en chauffant au bain-marie le flacon qui renferme le sang. Les vapeurs de chloroforme passent donc dans le tube de porcelaine, où elles sont soumises à l'action de la chaleur rouge, et se décomposent en eau et acide chlorhydrique; en arrivant dans le tube de Liebig, l'acide chlorhydrique forme un précipité caractéristique de chlorure d'argent. Au contraire, si le sang ne contient pas de chloroforme, il n'y aura aucun précipité dans la solution d'azotate d'argent des tubes de Liebig.

Toutes les personnes qui ont fait cette recherche ont trouvé très-facilement du chloroforme dans le sang des animaux anesthésiés. Voici les résultats que nous avons obtenus en opérant comparativement sur du sang provenant d'un même animal avant et pendant l'anesthésie. D'un côté, la solution reste limpide, tandis que de l'autre vous voyez un précipité abondant. Nous avons eu soin de prendre le sang dans l'artère crurale, c'est-à-dire loin de la bouche, pour éviter la cause d'erreur qui résulterait d'un mélange accidentel de chloroforme avec le sang, au moment de son extraction.

Nous insistons toujours sur le mode et les conditions d'action des médicaments, parce que la thérapeutique est, en définitive, le but de toute médecine, et que la première question de la thérapeutique, c'est de savoir dans quelles circonstances peuvent agir les médicaments qu'on administre. Nous venons de poser une première condition : il faut que la substance active pénètre dans le sang artériel; mais à cette première condition s'en ajoute une seconde non moins indispensable : il faut encore que la substance active se trouve, à un instant donné, dans le sang artériel en quantité suffisante, et l'action ne peut durer qu'autant que cette quantité se maintient.

On pourrait faire passer dans le sang des quantités considérables, énormes même, des substances les plus actives (strychnine, curare, etc.), sans obtenir le moindre effet et sans que le sujet de l'expérience paraisse s'en apercevoir. Ce résultat est facile à obtenir quand on veut. Il suffit de régler les doses et les circonstances de l'expérience, de manière que l'élimination contre-balance l'absorption.

Dans ces conditions, ce que l'absorption, rendue très-faible, fait entrer d'un côté dans le sang, l'élimination l'enlève au fur et à mesure. Le poison ne fait donc que traverser le sang; il ne s'y accumule pas, et la proportion qui y est contenue, ne s'accroissant pas, ne devient jamais assez considérable pour agir sur les éléments anatomiques.

Il en serait autrement si l'on active l'absorption, l'élimination restant la même ou diminuant. Alors la quantité de poison contenue dans le sang va sans cesse en croissant et atteint la proportion nécessaire. Cette proportion varie, du reste, beaucoup d'une substance à l'autre, et l'on dit qu'une substance est plus ou moins active suivant que le sang doit en contenir une quantité plus ou moins considérable pour acquérir les propriétés actives de cette substance et les exercer sur les éléments histologiques qu'il baigne.

Il en est de même pour les substances qui, naissant dans l'organisme, peuvent donner lieu à des maladies qui se traduisent par une altération du milieu intérieur ou des liquides organiques. Ainsi, il y a toujours du sucre dans le sang; mais il ne commence à s'éliminer par les reins que lorsqu'il s'y trouve en quantité suffisante, et cette quantité a été déterminée autrefois par Lehmann.

Les agents anesthésiques sont donc soumis, à cet égard, aux mêmes règles que les autres modificateurs de l'organisme.

L'anesthésie ne se produit pas aussitôt que le chloroforme pénètre dans le sang ; elle ne commence que lorsqu'il s'y trouve en quantité suffisante, et lorsqu'elle cesse, il y a encore du chloroforme dans le sang, mais il n'y en a plus assez pour que l'action persiste. Il faut bien connaître ces conséquences détaillées des lois générales des actions physiologiques, car ce sont-elles qui constituent l'art d'expérimenter sur les êtres vivants, et qui servent de fils conducteurs pour guider le physiologiste au milieu des phénomènes si complexes qui se présentent à son étude.

En faisant pénétrer le chloroforme dans le sang en quan-

ffisante, comme nous venons de le voir, on obtient hésie proprement dite, c'est-à-dire l'anesthésie géné- lle résulte d'une action sur le système nerveux que tudierons bientôt complétement pour en déterminer ditions et la nature.

plication du chloroforme peut aussi produire une anes- purement locale. Celle-ci est d'un tout autre genre que nière ; elle tient simplement au refroidissement produit ther ou le chloroforme sur les parties auxquelles on que.

ui le prouve, c'est qu'on obtient le même résultat ployant de la glace. Il est facile de produire l'anesthésie sur une grenouille en lui réfrigérant fortement le cer- ar un procédé quelconque. C'est du reste un état ana- à celui dans lequel ces animaux se trouvent pendant nation.

r anesthésier localement avec l'éther, on lance un jet eur d'éther sur les parties qu'on veut insensibiliser. reil employé à cet effet est bien connu. Quand on le ir sur la main, par exemple, on perçoit une sensation id très-marquée qui explique, comme nous venons de le e mécanisme de ce phénomène. Ce qui se produit dans , c'est bien une simple anesthésie locale ; car si l'on a sur une grenouille, on provoque encore les actions ré- les plus manifestes lorsqu'on pince les pattes, tandis endant l'anesthésie générale, les mouvements réflexes omplétement supprimés, tout aussi bien que les mouve- directs.

esthésie peut se produire également par la chaleur encore que par le froid. J'ai découvert ce fait autrefois, manière tout accidentelle, en faisant des expériences s grenouilles pendant l'été. Je leur ouvrais le canal ra- en pour observer les propriétés des nerfs, et plusieurs endant que je les tenais dans la main, je les vis tout à levenir flasques ; je les jetais, les croyant mortes, mais tant après je m'aperçus qu'elles revenaient à elles sans ver aucune trace de ce malaise passager.

r anesthésier les grenouilles par la chaleur, il faut les er dans de l'eau à 37 ou 38 degrés centigrades. Cette rature, qui est à peu près la température normale des nifères, n'offre pas de danger, puisque les substances ineuses ne se coagulent qu'à 75 degrés centigrades. Ce- nt la réaction physiologique est très-sensible. Pour peu dépasse cette température, qu'on aille seulement jus- 10 degrés par exemple, les grenouilles risquent déjà de us revenir et d'être cuites au lieu d'être anesthésiées. autre côté, à 35 ou 36 degrés, la grenouille conserve ses ements normaux et ne s'anesthésie pas.

peut répéter facilement ces expériences sur des tritons, es poissons, et en général sur tous les animaux à sang

nt aux animaux à sang chaud, leur température nor- étant déjà de 37 ou 38 degrés, ou même plus élevée, e chez les oiseaux, il est clair que cette température ne voir pour effet de les anesthésier. Mais je n'ai pas réussi tage à obtenir ce résultat en les échauffant de quelques s au-dessus de leur température normale. Ils supportent ation de la température pendant un certain temps et 'à un certain degré, en présentant différents signes de se, mais en conservant leur sensibilité ; puis ils tombent tout à coup, sans qu'on ait pu observer avant ce moment aucune période d'anesthésie. La mort arrive lorsque la température du sang de ces animaux s'élève à 45 degrés pour les mammifères et de 48 à 50 pour les oiseaux.

Lorsque la mort se produit dans ces conditions, par suite de l'élévation exagérée de la température, elle résulte de l'arrêt subit du cœur, et le sang que contient cet organe est très-noir. C'est là un fait à signaler et qui mérite d'attirer l'attention ; car, lorsque la mort arrive sous l'influence des agents anesthésiques, nous verrons que sa cause immédiate réside également dans l'arrêt du cœur. C'est au moins une coïncidence curieuse.

L'anesthésie par la chaleur a cela de commode, d'un côté, qu'on trouve partout à sa disposition l'eau chaude nécessaire pour la produire, et, de l'autre, qu'on peut toujours la faire cesser très-vite ; il suffit de plonger la grenouille dans de l'eau froide pour qu'elle revienne très-rapidement à son état normal.

Avant d'aborder la théorie générale de l'anesthésie, il nous reste encore une question qui s'y rattache sans doute, mais qui néanmoins doit être examinée préalablement d'une manière distincte. Cette question peut être formulée ainsi : L'anesthésie est-elle une asphyxie ?

Quand les chirurgiens commencèrent à employer les agents anesthésiques, on se demanda aussitôt par quel mécanisme ces corps pouvaient agir pour produire l'insensibilité. On fit des expériences pour connaître l'état du sang : les uns le trouvèrent noir dans les artères comme dans les veines ; mais d'autres expériences montrèrent bientôt que, pendant l'anesthésie, le sang artériel était parfaitement rouge.

Récemment encore, on a soutenu que l'anesthésie est simplement une asphyxie.

Que décider entre ces expériences contradictoires ? Jamais, nous l'avons déjà dit, et nous le répéterons souvent, jamais on ne doit sacrifier un fait au profit d'un autre ; jamais il ne faut se renfermer dans une seule expérience en rejetant comme inexactes ou fautives celles qui la contredisent. Si les uns ont soutenu que le sang artériel devient noir pendant l'anesthésie, tandis que d'autres prétendent qu'il reste rouge, c'est que les premiers l'ont vu noir et les seconds rouge. Il y a là deux faits qui, pour n'être point d'accord, n'en doivent pas moins exister tout aussi bien l'un que l'autre, et qu'aucune théorie ne peut dès lors effacer. Il ne s'agit pas de savoir quel est l'expérimentateur qui a bien vu et quel est celui qui s'est trompé. Ils ont bien vu tous, car il suffit d'avoir de bons yeux pour cela, et ils n'ont pas pu se tromper en affirmant ce qu'ils voyaient. Seulement, alors qu'ils croyaient opérer dans des conditions identiques, ils opéraient en réalité dans des conditions différentes : c'est là qu'est l'erreur, et, pour concilier le désaccord de ces expériences, il faut déterminer en quoi elles diffèrent les unes des autres par leurs conditions.

La vérité c'est que, dans l'administration des agents anesthésiques, tantôt il peut y avoir concurremment asphyxie, et tantôt il y a seulement anesthésie pure.

Quand on administre l'éther ou le chloroforme en débutant par une forte dose, il se produit une action irritante très-vive sur l'entrée des voies respiratoires, — bouche, larynx, trachée et bronches, — qui provoque des contractions spasmodiques parfois très-violentes et une suspension de l'acte respiratoire. L'anesthésie se produit très-promptement dans ces conditions, et l'on peut constater alors que le sang artériel est tout à fait noir.

Il est probable que lorsqu'on opère de cette manière, l'asphyxie vient en aide à l'anesthésie en apportant une gêne considérable dans le fonctionnement de la respiration. Il y aurait alors ce qu'on peut appeler une anesthésie *étouffante*. Or, il ne faut pas oublier que c'est précisément ce mode d'administration que les chirurgiens préfèrent en général. Cependant, même avec ses conditions particulières, il y a déjà du chloroforme dans le sang lorsque l'anesthésie se déclare. J'ai fait l'expérience sur des animaux, et j'ai pu constater directement la présence du chloroforme dans le sang, quoiqu'il y eût eu seulement trois ou quatre inhalations.

Lorsqu'on donne le chloroforme lentement, les choses ne se passent plus de même ; les convulsions spasmodiques, quand elles se produisent, sont beaucoup plus faibles, et le sang artériel reste rouge. Si l'on opère sur des animaux, on peut s'assurer mieux encore du fait. Au lieu de leur faire inhaler le chloroforme par la bouche, on ouvre la trachée, et l'on introduit directement le chloroforme dans les poumons par l'ouverture qu'on a pratiquée.

En administrant le chloroforme de cette manière, on ne provoque jamais d'agitations ni de contractions spasmodiques, et le sang artériel conserve toujours son aspect rutilant ordinaire.

Si ce procédé n'exigeait pas une trachéotomie, ce serait certainement le meilleur de tous à employer.

En résumé, l'asphyxie n'est qu'un incident ou un accident qui peut venir se mêler à l'anesthésie par suite du procédé opératoire employé pour administrer l'agent anesthésique. Les convulsions spasmodiques et l'asphyxie sont uniquement dues à l'action irritante de l'éther, et surtout du chloroforme, sur les voies respiratoires. Ces organes reçoivent en effet des filets sensitifs nombreux et très-délicats ; on y trouve notamment une branche du nerf pneumogastrique, le nerf laryngé supérieur, qui est très-irritable à toutes les influences extérieures.

Ainsi, en excitant ces nerfs, on provoque des convulsions spasmodiques accompagnées de vives douleurs. Comme il arrive toujours pour les nerfs sensitifs, ces irritations se propagent par actions réflexes; elles réagissent sur le cœur et les mouvements respiratoires, et il peut en résulter des accidents mortels tout à fait analogues à ceux qui se produisent quelquefois pendant l'anesthésie par le chloroforme. Un médecin, mort il y a quelques années, irritait, dans les cas de dyspnée, les nerfs du plexus pharyngé avec de l'ammoniaque introduite à l'aide d'un pinceau dans l'arrière-gorge ; il provoquait ainsi des phénomènes analogues à ceux que nous venons de décrire et qui allaient quelquefois jusqu'à la syncope.

L'irritation locale des nerfs sensitifs des voies respiratoires par le chloroforme est donc la seule cause des phénomènes d'asphyxie qu'on observe souvent au début de l'anesthésie. Ce qui le prouve, c'est que tous ces phénomènes disparaissent quand on introduit directement le chloroforme dans la trachée.

Quant à l'action anesthésique en elle-même, elle est parfaitement indépendante de l'asphyxie, et elle se produit par un tout autre mécanisme. Nous avons déjà dit qu'en prenant les précautions convenables pour écarter les phénomènes étrangers à l'anesthésie, le sang artériel conservait sa couleur rouge ordinaire et contenait les proportions normales d'oxygène.

Nous pouvons maintenant aborder la théorie physiologique de l'anesthésie. Dans la prochaine séance, nous rechercherons sur quel élément histologique agissent les anesthésiques. Il faut toujours se poser ainsi la question, quand on étudie un modificateur quelconque de l'organisme. En effet, le sang qui contient une substance médicamenteuse peut être regardé comme restant normal pour tous les éléments, et devenant toxique pour un seul. Il faut arriver à déterminer cet élément dont la lésion explique ensuite tous les phénomènes qui se produisent. Il pourrait se faire, sans doute, qu'une substance agisse à la fois sur plusieurs éléments ; mais jusqu'à présent rien n'autorise à supposer qu'il en soit ainsi, car c'est ordinairement un seul élément qui est atteint primitivement, et si d'autres sont ensuite affectés, ce n'est que d'une manière consécutive.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

PHYSIOLOGIE

COURS DE M. PAUL BERT

L'observation anatomique et l'expérimentation. — La physiologie générale et ses progrès.

La science que j'ai l'honneur d'être chargé d'enseigner ici a nom *physiologie* (φύσις, λόγος), c'est-à-dire étude de la nature, sous-entendez de la nature des êtres vivants.

Or, le mot *nature* avait dans l'ancienne philosophie deux acceptions principales, distinctes, qu'on exprimait par ces mots barbares : *natura naturans* et *natura naturata*. Un des plus grands progrès de la science moderne, et notamment de la physiologie, a été à coup sûr de séparer respectueusement du champ matériel qu'elle doit parcourir les régions supérieures et voilées où se cache à nos yeux, et même à notre esprit, la *natura naturans* ; de s'attacher exclusivement, en un mot, à la constatation des faits et à la recherche synthétique des lois dont ils sont l'expression nécessaire et fatale, en regardant ces lois comme fixes, immanentes, absolues, comme actuellement indépendantes, sans chercher à savoir s'il en a toujours été ou s'il en sera toujours ainsi.

J'ai dit respectueusement, et je tiens à insister sur ce mot. Si le physiologiste se refuse énergiquement à la poursuite des causes premières, s'il s'obstine à éloigner son esprit de la crête périlleuse des précipices métaphysiques, ce n'est point par impuissance, et surtout ce n'est point par dédain. Il donnerait un démenti formel aux résultats de ses propres investigations, s'il s'avisait de repousser avec ce sentiment un ordre de recherches séduisantes et attractives, qui ont, dans tous les temps, passionné les plus grands esprits, sous le prétexte que ces recherches paraissent avoir peu gagné à être si ardemment suivies. Quelle que soit son opinion sur le rapport qui existe entre les connaissances acquises dans cette voie, et les efforts, le prix intellectuel, qu'elles ont coûtés, le physiologiste les tient en une respectueuse estime, car elles lui révèlent la véritable caractéristique de l'homme et lui indiquent un de ses plus difficiles sujets d'étude. Mais il laisse résolûment de côté ces régions séduisantes où la vapeur qui trouble l'horizon engendre si aisément des mirages, persuadé qu'aujourd'hui surtout, l'homme qui y marche est perdu pour la science expérimentale.

Or, la physiologie est essentiellement, au même titre que la physique et la chimie, une science expérimentale. Ne donnez pas, je vous prie, à ce mot cette acception étroite qui suppose

rs un scalpel menaçant et levé. Je veux dire par là que ıne science dans laquelle la conséquence du raisonnen'est définitivement acceptée qu'après le contrôle d'un xpérimentalement provoqué. Vous voyez donc que le logiste a pour objet exclusif de son étude la *natura na-*, envisagée chez les êtres vivants.

e nature ne se révèle à lui que par un ensemble ıbrable de phénomènes perçus par ses sens. Mais ces ımènes ont tous quelque chose de commun, de spécial, ractéristique, peut-on dire, qui a précisément séparé le bon sens universel les êtres vivants d'avec les corps et qui justifie, au moins en pratique, la distinction de siologie et de la physique proprement dite. C'est, pour rvateur le plus superficiel, un mouvement incessant, une ion continue, une perpétuelle action des différentes s de l'être les unes sur les autres, une perpétuelle de l'être tout entier sur le monde qui l'entoure: ıe, fleuve, tourbillon, comme on l'a si souvent appelé.

le but suprême vers lequel tend incessamment et effient la physiologie, la question fondamentale qui doıt dirige toutes ses recherches, c'est de savoir, de savoir ent si ce *quelque chose* est réellement spécial aux êtres s; si les lois générales qui régissent les phénomènes ıurs aux êtres vivants sont applicables à ceux-ci; si les ı apparence spéciales, dont on ne rencontre que chez ıpplication, sont ou ne sont pas le résultat de l'intricaımplexe de ces lois générales; si réellement la matière e est autre chose que la matière brute, si le mouvement st autre chose que le mouvement; si la physiologie, tre peut-être plus compliquée que la physique, est réelt autre chose qu'elle.

illez remarquer que le physiologiste ne s'enquiert pas cela de l'essence de cette matière spéciale, de ce mouvespécial; il lui suffit de chercher à constater scientifient s'ils existent, et de voir si, oui ou non, les phénoqu'il constate et qu'on appelle vulgairement vitaux, iductibles aux phénomènes dits physico-chimiques.

s comprenez qu'en cherchant ainsi, parmi les mild'êtres vivants qui peuplent notre globe, ce qu'il y a de l, de primordial; qu'en s'efforçant d'arriver à dégager notion radicale de l'inextricable réseau des modalités gentes, le physiologiste rencontre d'immenses diffiIl n'y a donc pas lieu de s'étonner que sa science peu avancée, qu'il soit si peu en mesure de répondre fiquement à la question capitale dont il poursuit la n: raison pour laquelle, sans doute, cette solution si claire à beaucoup d'esprits audacieux.

r tendre d'une manière efficace à la solution de son me fondamental, le physiologiste envisage l'être exclunt au point de vue dynamique; c'est-à-dire qu'il consia série ininterrompue de phénomènes qui, sous le le fonctions, manifestent le mouvement vital. Il les e dans leur cours régulier; puis il trouble celui-ci en le ant expérimentalement, afin de mettre en évidence ésultats cachés et leurs rapports avec les phénomènes eurs ou concomitants, auxquels on donne d'ordinaire ns de causes ou conditions.

ont donc les lois du mouvement dans des êtres vivants,— ment qui ne s'arrête jamais, tant que dure la vie, — que siologie tâche de déterminer tout d'abord. Or, de même dynamique des corps bruts n'a pu constater la loi de leurs mouvements qu'en étudiant ces mouvements eux-mêmes, ainsi la dynamique des êtres vivants ne résoudra son problème qu'en étudiant le mouvement vital lui-même, c'est-à-dire l'être vivant à l'état de vie, en action. Personne ne met en doute que jamais l'examen d'un corps brut, dans sa forme, dans sa couleur, dans sa consistance, quand bien même un microscope merveilleux viendrait nous montrer ses molécules à leur place et avec leurs figures réelles; que jamais, dis-je, une pareille investigation ne pouvait nous faire deviner la loi de la gravitation qui unit ces molécules entre elles : il a fallu, pour la connaître, voir et mesurer le mouvement lui-même.

Semblablement, et j'oserais presque dire, à plus forte raison, tant cette vérité devient ici éclatante, semblablement la connaissance la plus approfondie que nous puissions supposer de la structure des êtres vivants n'aurait jamais rien pu nous révéler sur les phénomènes que présentent ces êtres, pendant qu'ils sont à l'état d'activité, de vie. En des termes plus simples, jamais l'anatomie, si complète que nous l'imaginions, ne nous permettra de donner les lois des phénomènes vitaux. Si nous sommes quelquefois entraînés à penser le contraire, c'est évidemment parce que nous ne pouvons séparer les notions primordiales, purement dynamiques, que nous avons acquises dans l'observation consciente et inconsciente de notre propre corps, d'avec les faits que nous révèlent les investigations anatomiques. La notion dynamique a donc, pour tous les faits primordiaux, précédé la notion statique, et l'homme savait exécuter des mouvements et connaissait au moins, grossièrement, la contractilité, avant d'avoir l'idée de ce qu'est un muscle, comme il savait qu'une pierre tombe avant d'avoir l'idée de sa structure et de sa composition.

Il est bien vrai que lorsque nous envisageons anatomiquement, par exemple, un ensemble de muscles groupés autour d'une jointure, nous pouvons, de la forme des surfaces articulaires et de la direction des muscles, conclure aux mouvements qui sont exécutés; mais c'est évidemment parce que nous nous reportons ici inconsciemment à la connaissance bien antérieurement acquise de la propriété contractile, reconnue dans l'espèce de fibres que nous avons sous les yeux. Que si, en effet, nous ne possédons point par-devers nous quelque notion physiologique, dynamique, semblable, l'observation anatomique, statique, reste pour nous lettre morte.

Prenons, pour être plus clair, quelques exemples dans des faits de détail. Supposons que, connaissant très-bien la configuration et le rôle d'une glande salivaire, nous venions à découvrir la glande pancréatique : nous devinerons aisément qu'elle doit fournir un liquide, à cause de sa ressemblance avec celle que nous connaissons; mais nous ne pourrons jamais imaginer que ce liquide possède cette propriété spéciale d'émulsionner les graisses, propriétés que ne possédait pas la glande qui nous servait de terme de comparaison.

Il y a plus, ce terme de comparaison peut nous induire en erreur. Des nerfs se rendent au cœur; si ces nerfs ont un rapport avec les battements de l'organe, ce doit être, penserons-nous par analogie, pour les provoquer. Or, il n'en est rien, et l'expérimentation, contredisant l'hypothèse fondée sur l'anatomie, montre que ces nerfs du cœur arrêtent ses mouvements.

Enfin, si ce terme de comparaison manque, nous demeurons entièrement dans l'inconnu. La forme et la consistance du foie, même ses rapports anatomiques avec les autres p

ties, auraient-ils jamais pu nous faire deviner sa fonction glycogénique ? Et la profonde ignorance dans laquelle nous sommes des fonctions du thymus, de la rate, des diverses parties du cerveau, etc., n'est-elle pas là pour nous montrer le peu de renseignements que peuvent donner à la physiologie les connaissances anatomiques ?

Notez que je parle même des connaissances les plus approfondies. Certes, la structure des muscles a été observée avec un soin fécond en résultats curieux ; mais que nous apprend sur leur contractilité rapide la structure parfaitement dévoilée des fibrilles striées ? Ne retrouvons-nous pas cette contraction rapide dans la fibre lisse des mollusques céphalopodes ? Et si la découverte de la plaque terminale du nerf moteur semble éclairer l'explication des propriétés excitantes de ce nerf, n'est-ce pas parce que nous connaissions déjà, par voie physiologique, ces propriétés excitantes ?

On peut le dire, si quelque habitant d'une région céleste, si quelque micromégas, moins semblable aux animaux de ce globe que celui qu'a évoqué le génie de Voltaire, descendait parmi nous, et qu'il rencontrât sur son chemin un cadavre, un être privé de vie, cet être fût-il comme de verre pour les yeux puissants de notre observateur, celui-ci, malgré la connaissance complète qu'il acquerrait de sa structure, ne saurait absolument rien de ses phénomènes vitaux.

Vous le voyez donc, la hiérarchie des connaissances biologiques a été singulièrement renversée. Dans l'opinion encore la plus généralement répandue, la physiologie vient à la suite de l'anatomie, — *ancilla anatomiæ, anatomia animata*, — expliquer les fonctions des organes découverts par celle-ci. En réalité, c'est le contraire, excepté pour quelques cas particuliers ; c'est la physiologie qui tient la tête, constatant les actes, et laissant à l'anatomie le soin de déterminer la place, les rapports, la structure des organes qui les exécutent.

Ceci n'est point une vaine querelle de mots, une dispute de préséance. Il importe de nous habituer à considérer la physiologie comme ne puisant pas ses preuves dans les faits anatomiques, comme indépendante de l'anatomie, ou, pour être plus exacts, comme ne lui étant nullement subordonnée. Elles ont un sujet commun d'étude, le corps vivant, et, par suite, elles sont souvent appelées à parler des mêmes choses, mais elles les envisagent à des points de vue tout à fait différents. Tandis, par exemple, que l'anatomie, découvrant dans les organes appendiculaires des crustacés, depuis les pédoncules oculaires jusqu'aux mâchoires, depuis les antennes jusqu'aux nageoires et aux pattes, un des plus remarquables exemples de la loi d'économie, considère simultanément ces organes, la physiologie scindera leur étude et les rapportera chacun à la fonction qu'ils servent. Tandis que l'anatomie étudiera ensemble les organes appendiculaires des végétaux, les feuilles vertes ou rouges, la physiologie suivra l'acte réducteur de l'acide carbonique sous l'influence de la lumière partout où il se présentera, dans la feuille comme dans l'écorce, dans l'animal comme dans le végétal.

En d'autres termes, la physiologie envisage en premier lieu, d'une manière abstraite, les fonctions : l'être vivant absorbe, assimile, rejette, la physiologie étudie l'absorption, l'assimilation, la sécrétion ; l'animal ou la plante se meut, la physiologie recherche la raison, les conditions, les lois de ce mouvement ; l'animal perçoit les faits extérieurs et réagit consciemment, la physiologie étudie la sensibilité, la réflectivité, la pensée. Sans doute, elle ne peut pas, elle ne doit pas rester pendant ses études mêmes dans ces régions abstraites. Au contraire, elle doit incessamment scruter, modifier, manier, s'il est ainsi permis de parler, les organes ; ici, sans doute, elle a un incessant besoin des lumières de l'anatomie, comme elle a un incessant besoin des lumières de la physique et de la chimie. Mais les faits qu'elle observe, ceux qu'elle suscite expérimentalement, sont par elle classés, utilisés au point de vue que j'indiquais tout à l'heure, c'est-à-dire à celui des fonctions des êtres vivants, envisagées d'une manière abstraite.

Ainsi, quand la physiologie voudra savoir, par exemple, comment s'opère chez l'animal la production de la force, elle étudiera la dissociation des molécules complexes venant du dehors ou formées préalablement dans les tissus, et suivra les manifestations de la force délivrée et devenue de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, de la puissance mécanique. Pour faire complétement cette étude, elle s'adressera non-seulement à des organes divers, mais à des animaux appartenant à un groupe zoologique quelconque, pourvu que chez eux le phénomène, toujours identique dans ce qu'il a d'essentiel, s'exécute dans des conditions qui en rendent la constatation plus aisée.

De même, dans l'étude de l'intelligence, elle empruntera tout aussi volontiers les faits utiles aux insectes, aux oiseaux, à l'homme.

En un mot, tous les êtres vivants sont pour la physiologie comme un seul être infiniment diversifié, lieu de phénomènes toujours identiques dans leur essence, bien qu'infiniment variés dans leur intensité. Parmi tous ces êtres, elle choisit, à propos de chaque ordre de phénomènes, ceux où ces phénomènes se présentent dans les conditions les plus favorables à l'étude.

Mais cette considération purement abstraite des grands phénomènes vitaux, étudiés l'un après l'autre, et, pour ainsi dire, juxtaposés, n'est pas la seule à laquelle doive se livrer le physiologiste. Sans cela, il aurait construit, pourrait-on dire, une science de fantaisie, n'ayant nul rapport direct avec les réalisations naturelles, et ne pouvant pas nous donner une idée complète de ce qu'est un être vivant, « un système unique, entier et clos » (Cuvier). Il faut en effet que, de ce point de vue analytique, le physiologiste passe au point de vue synthétique, que de l'abstrait il arrive au concret ; ou, pour parler plus clairement, qu'il groupe les connaissances qu'il a pu acquérir sur les diverses fonctions des êtres vivants, pour constituer par la pensée et comprendre un être vivant en son entier.

Celui-ci alors lui apparaît comme un petit monde admirablement pondéré où se condensent et se dépensent, — entretenant ainsi un équilibre toujours vibrant, pour ainsi dire, mais constant, — la matière et la force. Il apprend alors à supputer ce qui entre et ce qui sort, à comprendre les réactions réciproques des fonctions qu'il avait analytiquement isolées, et à dresser ainsi le bilan toujours pondéré de l'organisme.

Parmi les millions de types vivants que nous offre notre globe, celui que le physiologiste a particulièrement choisi pour cette étude concrète, c'est, bien entendu, le type auquel il appartient lui-même, le type humain.

Dans cette étude, dans cette monographie physiologique du type humain, tous les ordres de connaissances viennent au-

'hui en aide au physiologiste. L'anatomie lui fournit un exact du corps, dans lequel les plus minutieux détails é relevés; la médecine lui apporte la connaissance des tions fonctionnelles, et de leur rapport avec les altéra- organiques; la chimie lui apprend la composition mo- ire des différentes parties du corps; l'anthropologie ontre les résultats de l'influence longtemps prolongée rconstances extérieures sur les fonctions; la philosophie ınsmet des règles pour l'analyse scientifique de son in- ınce; il peut observer et expérimenter aisément sur lui- ; la zoologie, enfin, lui signale l'existence d'animaux l'organisation diffère peu de la sienne, et sur lesquels rimentation peut s'exercer en toute liberté.

'y a donc pas lieu de s'étonner que la physiologie de me soit, en tant que monographie, si extraordinaire- avancée. Mais il est curieux de voir comment cette ue de la physiologie humaine, aidée, il faut bien le dire, ıtérêt pratique, immense, qui s'y attache, a pu illusionner des physiologistes d'un mérite supérieur, et leur faire que la connaissance de l'homme est le but suprême de ınce à laquelle ils ont parfois imprimé de si vigoureux C'était, notamment, l'idée du célèbre Burdach : « La siologie, disait-il, cherche en dernière analyse à con- re l'esprit humain, et, pour résoudre ce problème, il ndispensable d'avoir contemplé la nature de l'homme tous ses autres points de vue. » Il est bien vrai que si connaissions l'homme, de science véritable et complète, connaîtrions du même coup tous les autres êtres; mais ut en dire autant de tout autre animal, pour cette bien évidente que, si nous connaissions sur un point onque la vérité complète, nous la connaîtrions sur tous. t il y a que, avec ou sans la conscience philosophique qu'ils faisaient, l'immense majorité des physiologistes exploité les faits et n'ont orienté la science qu'au point e de la connaissance de l'homme, et, souvent aussi, des ations si utiles qui en découlent.

poursuivant des études ainsi dirigées, non-seulement fait faire à la physiologie de l'homme et des animaux en rapprochent le plus, des progrès merveilleux (quand ıge surtout au laps de temps si court pendant lequel été accomplis); mais ils ont rendu d'immenses services ıysiologie générale, et cela pour deux ordres de raisons. t d'abord ils lui ont fourni l'inestimable appoint de plus importantes découvertes. Parmi les faits innom- s que leur génie a su mettre en lumière, il en est dont éralité dépasse de beaucoup l'histoire de l'espèce hu- , et s'étend plus ou moins sur la série animale tout e. C'est d'abord l'explication chimique de la respira- avoisier), qui s'applique à tous les êtres vivants; c'est ogénie animale (Cl. Bernard), l'indépendance de la ctilité musculaire et du système nerveux (Cl. Bernard); ısformation des matières sucrées en matières grasses s et Milne Edwards), vérités qui se vérifient chez tous imaux. Telle est encore la distinction si féconde des ensitifs d'avec les nerfs moteurs (Magendie), distinction n constate aujourd'hui l'exactitude chez tous les ani- qui possèdent un système nerveux.

ı autre point de vue, les physiologistes de notre époque pas rendu à leur science un moins important service, ıtroduisant définitivement l'expérimentation sur l'être , en montrant ses difficultés, en établissant ses règles.

Personne ne discute plus aujourd'hui l'importance du rôle attribué à juste titre à l'expérimentation sur le vivant, et, spécialement, à la vivisection. L'expérimentation a introduit, dans la manière dont on établit aujourd'hui la preuve phy- siologique, une véritable et salutaire révolution. Le temps n'est plus où faisaient loi, dans les livres de physiologie, les vraisemblances basées sur l'observation générale ou la struc- ture anatomique des parties. La physiologie n'est plus le terrain vague où tant d'esprits aventureux venaient échafau- der leur fragile et brillant édifice; une conclusion physio- logique n'est aujourd'hui acceptée qu'après vérification faite par voie expérimentale.

Tandis que la physiologie s'enrichissait ainsi, par les efforts incessants des hommes du laboratoire et de l'hôpital, des cliniciens et des vivisecteurs, des expérimentateurs, en un mot les naturalistes, lui apportaient, de leur côté, une quan- tité immense des plus riches matériaux.

Depuis Linné, depuis Cuvier surtout, tout le monde avait compris que la classification et la mesure exacte des rap- ports réciproques des êtres vivants ne peuvent être établies qu'en tenant compte de tous les caractères de ces êtres, et qu'en appuyant ou en combattant les résultats de l'observa- tion extérieure à l'aide des investigations anatomiques appro- fondies. Aussi, la fin du siècle dernier, et surtout la première moitié du présent siècle, virent naître une foule de travaux des plus importants, qui enrichirent la physiologie des faits les plus curieux et les plus inattendus.

Ce furent d'abord, et en nombre immense, des faits de nature spéciale, relatifs seulement à quelques types vivants : tels sont ceux qui ont rapport à la circulation du sang dans les divers groupes d'animaux invertébrés. Puis encore des faits d'un ordre plus général, s'appliquant souvent à la série entière, et éclairant parfois d'un jour nouveau des problèmes qui paraissaient n'avoir avec eux que des rapports éloignés : au premier rang de ceux-ci il convient de placer les remar- quables découvertes récentes sur la génération spermatique et la génération par bourgeons.

Ainsi, simultanément, ceux qu'on intitule spécialement les physiologistes, s'efforçaient d'édifier une monographie phy- siologique de l'homme, et du même coup une monographie des animaux supérieurs; tandis que les naturalistes recueil- laient des faits innombrables à l'aide desquels il devenait possible d'édifier des monographies physiologiques des prin- cipaux types animés. Or, cette œuvre est, au moment où nous parlons, infiniment moins avancée que celle des phy- siologistes humains.

La raison de ce retard est facile à saisir; les naturalistes, en effet, n'avaient point par derrière eux une masse de faits comparable à celle que les observateurs de tous les siècles, et surtout les médecins, avaient légués à la physiologie moderne. Il leur a fallu tout découvrir, tout créer, et c'est un spectacle merveilleux que celui des résultats de tant d'efforts simultanés.

En comparant nos connaissances actuelles sur les animaux inférieurs à celles qu'avaient les naturalistes il y a moins de cinquante ans, il est impossible de ne pas être frappé d'éton- nement et d'admiration pour ce magnifique mouvement scientifique dont le plus grand honneur revient à la France, mouvement si récent, que les hommes qui y ont pris la plus grande part vivent encore au milieu de nous.

Personne ne m'accusera donc d'une critique injuste et déplacée, si je cherche à indiquer en quoi et pourquoi leur

œuvre est incomplète : c'est montrer pour elle le véritable respect scientifique que d'en signaler les lacunes, et d'indiquer du même coup comment il faut essayer de les remplir.

Au moment où furent exécutés la plupart de ces travaux, la physiologie de l'homme était elle-même au début de la phase expérimentale de laquelle elle ne sortira plus; la plupart des problèmes qu'elle a résolus sur le rôle des différentes parties du système nerveux central ou périphérique, par exemple sur l'usage des sucs digestifs, sur l'origine des sécrétions, etc., étaient à peine posés. L'instrumentation physiologique était à ses débuts. D'autre part, les naturalistes, se trouvant en présence d'un monde nouveau, avaient eu pour premier besoin de déterminer la place, la forme, la structure, et, d'une manière tout à fait générale, la fonction des organes qu'ils découvraient. Enfin, et ceci était tout à fait en harmonie avec les nécessités du temps, leurs préoccupations principales devaient être d'ordre anatomique : on les voit, par exemple, discuter la question de savoir si tel nerf est l'analogue du pneumogastrique ou du sympathique, plutôt que de chercher expérimentalement sur quels organes il porte son action et quelle est sa nature.

Il en est résulté qu'en dehors des faits physiologiques qui découlent immédiatement de l'investigation anatomique, tels que le jeu des appareils respiratoires ou le mécanisme de la circulation sanguine, ils ont laissé un champ presque neuf aux physiologistes modernes, mais un champ dont leurs découvertes anatomiques ont rendu l'exploitation facile. Nous devons donc y pénétrer maintenant à leur suite; nous devons soulever, à propos des animaux inférieurs, les mêmes problèmes qui sont posés ou même résolus dans la physiologie humaine, et employer à les résoudre tous les moyens d'action dont nous disposons aujourd'hui.

Il y a donc à constituer aujourd'hui, pour les principaux types des groupes inférieurs, vertébrés ou invertébrés, des monographies physiologiques poussées aussi loin que possible, parallèlement à la monographie humaine : oiseaux, reptiles, poissons, mollusques des divers ordres, crustacés, etc.

Un pareil ensemble de travaux, pour l'exécution desquels l'intervention du physiologiste rompu à l'expérimentation et familier avec le maniement des instruments est tout à fait nécessaire, n'aura pas seulement pour résultat de fournir à la connaissance complète de ces différents êtres des matériaux nombreux dont le naturaliste s'emparera avec fruit; il enrichira, on peut l'affirmer à l'avance, la physiologie de découvertes inespérées et de faits tout à la fois curieux et féconds.

Le peu que nous savons aujourd'hui de la physiologie des animaux inférieurs nous fournit déjà matière à de sérieuses et utiles réflexions. Quand nous voyons, par exemple, certains mollusques mélanger à volonté d'eau de mer le sang qui oscille dans leur appareil circulatoire ou le rejeter par une saignée volontaire au dehors; quand nous voyons, chez certains autres, des glandes sécréter un liquide contenant de l'acide sulfurique libre, nous sommes amenés à nous mettre en garde contre des généralisations prématurées tirées de l'étude des vertébrés supérieurs. En sens inverse, quand nous voyons les planaires, hachées, pour ainsi dire, en morceaux, continuer de vivre, de sentir, j'oserai dire, de penser, dans chacun de ces fragments qui emporte ainsi avec lui une personnalité distincte, une volonté directrice, nous trouvons là l'origine de recherches à poursuivre jusque chez les animaux supérieurs. Il est certain que nous ne sommes pas au bout de ces surprises physiologiques, surprises fécondes, puisqu'elles ouvrent des horizons nouveaux, puisqu'elles nous permettent d'aborder par des voies nouvelles la recherche des diverses conditions dans lesquelles s'exécutent les phénomènes de la vie.

C'est en effet par là que ces recherches de monographie dans l'ordre dynamique intéressent le physiologiste; c'est qu'elles lui permettront d'asseoir les fondements généraux de la physiologie; région encore peu explorée de la science, et la plus importante, cependant, que Claude Bernard a désignée, — pour éviter la confusion qu'avaient introduite les naturalistes et les expérimentateurs placés au point de vue purement humain, — sous le nom de *physiologie générale*.

La physiologie générale, a dit Claude Bernard, est « la partie » de la science physiologique qui a pour objet de déterminer » les conditions élémentaires des phénomènes de la vie. Il » n'y a pour elle ni mammifères, ni oiseaux, ni animaux à » sang chaud, ni animaux à sang froid. » Les êtres vivants les plus divers ne sont que des ensembles de conditions réalisées, conditions variables, au milieu desquelles s'exécutent de manières variables les phénomènes vitaux. Environnés de circonstances extérieures à l'être vivant (milieu extérieur), ou intérieures à lui (milieu intérieur), les parties vivantes manifestent leur activité propre avec une intensité et parfois avec une apparence très-différentes. En un mot, les manifestations vitales ne sont que des résultantes qui dépendent à la fois de l'activité propre des parties vivantes, et des circonstances dans lesquelles elles agissent. Cette partie de la science est, vous le voyez, tout à la fois le commencement et le but de la physiologie; c'est d'elle qu'il faut partir pour aller à la recherche des faits, c'est vers elle qu'il faut les faire tous converger. Si, en effet, nous connaissions de science certaine les conditions qui font naître, modifient ou suspendent les phénomènes vitaux, nous pourrions enfin voir si les lois de ces phénomènes sont réductibles aux lois physico-chimiques, ou si elles sont d'une nature spéciale, démontrant l'existence d'une activité dynamique particulière à l'être vivant; or, c'est vers la solution de ce problème lointain que doit tendre incessamment la physiologie.

Problème lointain, cela est vrai; est-ce à dire qu'il est insoluble ? C'est à l'avenir qu'il appartient de répondre. Mais, dès aujourd'hui, il est intéressant de voir comment la physiologie est armée pour le résoudre, quel pas immense elle a fait de nos jours vers sa solution et sur quel terrain elle a montré qu'il faut maintenant le poursuivre.

Comme toutes les sciences naturelles, la physiologie n'établit la preuve de ses propositions que par jugement porté à la suite de comparaisons. Or, la comparaison peut avoir lieu entre des faits constatés par observation ou des faits provoqués par expérience. A proprement parler, il n'y a donc pas, vous le voyez, de physiologie comparée ou de physiologie expérimentale; comparaison, expérimentation, ne sont pour la raison que deux sources de renseignements : mais ici, comme toujours, c'est la raison, la raison seule qui établit la preuve.

Cependant l'usage a consacré la dénomination de *physiologie comparée*, appliquée d'une manière spéciale à l'étude des mécanismes divers par lesquels est réalisée dans la série animale une seule et même fonction; c'est ainsi qu'on dit la « physiologie comparée de la respiration », etc.

Quant à l'expression de *physiologie expérimentale*, vous ne la voyez appliquée à aucun des cours qui se font dans notre université. Nous ne sommes plus au temps où c'était presque

rdiesse d'écrire avec Burdach le titre d'un *Traité de phy- considérée comme science d'observation*. Aujourd'hui, il pas plus dire physiologie expérimentale qu'on ne dit ie expérimentale ; il n'y a qu'une physique, comme il u'une physiologie : toutes deux ont besoin de l'expé- ation, comme elles ont besoin de l'observation et même ul ; toutes deux, pour compléter la similitude, n'ac- t comme certaines les conséquences de leurs raisonne- basés sur l'observation et le calcul, que si elles aboutis- quelque expérience décisive dont le résultat les jugera. qu'en effet nous sommes scientifiquement très-loin des chronologiquement bien rapprochés, où l'on discutait sur tunité de l'expérimentation appliquée aux êtres vivants. it à lui opposer des raisons de toute nature, philoso- s et sentimentales. Il serait oiseux aujourd'hui de re- ur celles-ci ; mais nous avons grand intérêt à rappeler cipale objection philosophique, parce que son appa- surannée nous fera mieux mesurer les immenses pro- e la science a récemment accomplis.

our, M. Claude Bernard communiquait à la Société phi- ique les résultats de certaines expériences de vivisection. rurgien, alors célèbre, se leva et déclara à M. Claude d que ces résultats ne devaient pas être considérés constants et nécessaires, par cette raison que le prin- tal pouvait, par son intervention spontanée, les modi- tout au tout.

i, on admettait volontiers, dans le corps des êtres , l'existence d'un autre être mystérieux, doué sur ère vivante d'une puissance sans limites, changeant à i, sans que l'expérimentateur pût en avoir conscience, ditions des phénomènes provoqués, et, par suite, leurs ts. L'expérimentateur n'était donc plus qu'un véritable livré au principe vital, dont les caprices dirigeaient à é la machine vivante : de même qu'on nommait autre- monstres *ludibria naturæ*, les accidents vitaux pou- être appelés des jeux du principe vital.

z encore que le principe vital était le dernier survivant e une légion de semblables essences qui pouvaient ve- r à tour se jouer dans l'organisme humain, et modifier gré les phénomènes vitaux. Telles étaient maintes ma- qui hantaient notre corps et que conjuraient à grand'- les médecins, véritables exorcistes, instruits de leurs s et habiles à en profiter.

onséquence de ceci était qu'il fallait renoncer à une nentation à juste titre dénommée fallacieuse. Tout au uvait-on espérer qu'une observation attentive des pro- lu principe vital non tourmenté, non provoqué, dans s moments, s'il est permis de parler ainsi, nous laisse- trevoir les règles auxquelles il lui convenait habi- nent de se soumettre. Fort heureusement, ceux-là qui soutenaient l'existence de ce capricieux tyran de isme, expérimentaient, et souvent fort bien, à leurs : leur bon sens protestait contre leur philosophie. Il ait pas moins indispensable de démontrer de quelle erreur ils étaient théoriquement imbus. C'est ce it, avec une haute raison et une admirable richesse ives, mon illustre maître M. Claude Bernard. Nul, plus , n'a contribué à établir d'une manière inébranlable la du *déterminisme* dans les phénomènes biologiques ; il ir qu'ils sont, au même titre que les faits bruts, soumis, u de lois strictes, à l'influence nécessaire de conditions qui constituent leurs causes prochaines, et que, dans l'inté- rieur des corps vivants comme ailleurs, les effets sont fatale- ment subordonnés aux causes.

Nous pouvons donc marcher en avant, assurés, si nous observons bien, si nous expérimentons bien et si nous rai- sonnons juste, de découvrir des vérités vraies, et ne point être leurrés incessamment par quelque puissance occulte. L'hypothèse de l'indépendance toute-puissante du principe vital a donc été démontrée fausse, et celle de son existence pour le moins inutile.

Mais, à côté de ces considérations empruntées à son propre domaine, la physiologie a reçu, à ce propos, de la physique, le secours de connaissances récemment acquises, et qui con- stituent peut-être la plus féconde des conquêtes de l'esprit humain. Je veux parler de la théorie de la transmutation des forces, et de cette grande vérité démontrée que, pour la force comme pour la matière, tout se transforme, rien ne se perd, rien ne se crée. Il ne m'appartient pas d'insister sur les preu- ves de cette loi générale qui domine toutes les manifestations mécaniques, physiques ou chimiques du mouvement. Mais nous avons le droit de nous demander si elle s'applique égale- ment dans le domaine biologique, et si l'action spontanée du principe vital lui ferait, par hasard, exception.

Considérons un être inférieur, un limaçon, par exemple, au moment où il retire précipitamment un de ses tentacules que nous avons touché. Si l'acte cérébral qui détermine le mou- vement est la conséquence de l'action du principe vital sur la cellule nerveuse, il est évident que cette action ne pourra se produire qu'à la condition d'une certaine modification molé- culaire. Pour obtenir cette modification, il aura fallu qu'une certaine quantité de force soit mise en jeu, et cette force, il faudra de toute nécessité que le principe vital l'ait créée. Mais cette force, ce mouvement, une fois apparus, peuvent bien se transformer, mais non plus se détruire ; ils s'ajoutent donc à la quantité de force déjà en circulation dans le monde. Voici donc, au milieu de la majestueuse harmonie de l'univers, qu'un perturbateur intervient. A la gravitation qui fait mou- voir les astres, à la chaleur que le soleil déverse sur la terre, le principe vital de notre limaçon ajoute quelque chose, et l'ajoute dans une mesure dont son caprice est le seul juge. Qu'on ne s'écrie pas dédaigneusement que ce quelque chose est l'infiniment petit, car le nombre des êtres vivants et celui des actes biologiques sont immenses dans l'espace et dans le temps ; nul n'oserait imaginer le résultat de cette multiplica- tion nécessaire de l'infiniment petit par l'infiniment grand. Mais, nous l'accordons, si petite que soit cette quantité, elle n'en constitue pas moins à la loi générale une exception dont la valeur philosophique reste entière. L'hypothèse de l'exis- tence du principe vital se trouve donc ici encore repoussée par une exception d'invraisemblance.

Il faut bien avouer cependant que cette hypothèse re- prend, malgré tout, dans deux circonstances, son éclat sédui- sant : c'est, d'une part, lorsque l'on considère l'apparente unité de la vie chez les animaux supérieurs ; c'est surtout lorsque, d'autre part, on suit le développement d'un être vi- vant quelconque, les modifications de sa forme extérieure, celles de sa structure anatomique, depuis le moment où ses premiers linéaments apparaissent dans l'œuf ou la graine, jusqu'à celui où, de la marche même de son évolution, ré- sulte l'impossibilité de vivre, et la nécessité de la mort. Quoi qu'on fasse, l'idée d'un principe coordinateur et directeur

s'impose à l'esprit; principe unique qui, séparé du corps à la suite de quelque lésion violente, laisse celui-ci en proie à l'action destructive des agents extérieurs : âme végétative, archée, nome, *nisus*, principe formateur, principe vital, etc., noms divers sous lesquels on a voulu désigner ce *quid ignotum*, certains diraient volontiers ce *quid divinum*, qui maintient le mouvement vital et impose à l'avance aux molécules de l'œuf la place et la forme qu'elles prendront plus tard.

Mais voici que des expériences, dont l'origine remonte à Trembley, sont venues montrer que le mouvement vital se conserve indéfiniment dans les parties séparées du corps, lorsqu'on a soin de maintenir ces parties dans des conditions de milieu comparables à celles qui les protégeaient auparavant ; que, bien mieux, ces parties continuent leur évolution morphologique, et tantôt acquièrent au complet la forme qu'elles auraient acquise en restant à leur place normale, tantôt même dépassent, pour ainsi dire, ce but et reproduisent tout ou partie de l'organisme duquel on les avait détachées.

En poursuivant cet ordre de considérations, on est arrivé à démontrer que tout ce qu'il y a de caractéristique dans les phénomènes biologiques est manifesté par les particules si déliées qui constituent les corps vivants. Ce sont elles qui, juxtaposant, entrecroisant, opposant, harmonisant leurs actions propres, produisent, comme résultante de leurs efforts multiples et complexes, les actes généraux de l'être vivant. L'unité apparente de celui-ci n'est donc que le résultat d'un consensus harmonique des myriades de petites unités qui le constituent.

Dans cette étude analytique de l'origine des phénomènes vitaux, vous verrez la plupart des auteurs s'arrêter aux petites particules figurées auxquelles on a donné le nom d'éléments anatomiques, et rapporter à ces éléments ce qu'ils ont appelé les propriétés vitales. Or, à mon sens, c'est s'arrêter à moitié de la route; il n'y a nulle comparaison à établir, quoi qu'on en ait dit, entre les molécules dont parle le physicien et ces particules figurées, relativement énormes, malgré leur petitesse absolue. D'ailleurs, l'expérimentation physiologique montre que les propriétés vitales appartiennent même à tous les fragments de ces prétendus éléments. Une fibrille musculaire est-elle tranchée en menus morceaux, chacun d'eux reste contractile. Chacun des cils vibratiles qui hérissent une cellule peut se mouvoir à part; la cellule elle-même, cette unité apparente des organes vivants, est une unité complexe : noyaux et nucléoles peuvent vivre à part, reconstituer d'autres cellules, et les granulations moléculaires qu'elle contient paraissent posséder toutes la propriété de nutrition.

Il faut donc aller au delà des éléments anatomiques, et nous en arrivons ainsi à distribuer les différentes propriétés vitales entre toutes les particules figurées de la matière organisée vivante. On devra même très-probablement reconnaître que toutes ces propriétés existent dans toutes ces particules : la contractilité, par exemple, qu'on croyait si spéciale, si confinée dans les fibres musculaires, s'est retrouvée successivement chez la plupart des éléments ou des parties constituantes des éléments anatomiques. Il semble donc très-vraisemblable que ceux-ci ne diffèrent les uns des autres que par le développement plus ou moins grand que prennent en eux les diverses propriétés. Enfin, peut-être un jour, faudra-t-il dire des liquides constituants de l'organisme ce que nous disons des particules figurées, visibles, et aller alors, dans l'attribution primordiale des propriétés vitales, jusqu'à la molécule organisée elle-même, la véritable molécule physico-chimique.

Quoi qu'il en soit de cette dernière hypothèse, vous que notre principe vital unique, directeur, formateu pas pu supporter l'analyse physiologique. Il s'est di éparpillé pour ainsi dire, dans chacune des particule posantes du corps, auxquelles nous avons dû reconnai propriétés qui, pour le corps tout entier, nous avaie supposer son existence.

Mais, enfin, ces propriétés existent ; ou, pour parle philosophiquement, ces particules sont le lieu de phéno qui ne se manifestent pas en dehors des corps vivants. a-t-on reconnu, à juste titre, dans les particules vivan propriétés vitales à côté des propriétés purement physic miques. C'est ici que le problème fondamental de la physi se présente à nous avec toutes ses difficultés. Il n'est pe aujourd'hui qui croie à l'antagonisme des forces vitale forces physico-chimiques ; tout le monde sait, au cont que celles-ci sont incessamment en action dans les vivants. Mais ces forces vitales qui se manifestent par le priétés vitales des plus minimes particules corporelle elles bien des forces spéciales, différentes de ces mod mouvement dont l'observation des corps bruts nous a d tré l'existence. Et si cette différence existe, en quoi co t-elle ? quelle équivalence pouvons-nous établir entre

Vous le voyez, nous nous retrouvons ici en face de problème ; mais nous avons fait un double progrès : d nous avons trouvé le véritable terrain expérimental s quel il faudra l'aborder, et nous savons que sa soluti trouve dans l'étude des particules élémentaires vivante suite nous nous sommes débarassés d'un ennemi qui empêchait même de poser le problème, et le fantôme du cipe vital ne nous hantera plus désormais.

Tel est le progrès immense que la physiologie a acc dans moins d'un quart de siècle ; ce progrès, elle le doit répète, aux efforts de quelques hommes de génie qui troduit définitivement dans son domaine la méthode e mentale.

Notre admiration pour ces hommes, si grande déjà l nous voyons ce qu'ils ont fait, doit s'accroître encore l nous considérons les conditions au milieu desquelles i travaillé, particulièrement dans notre pays. Insoucian dédain du public, des naturalistes et des médecins mêmes, réprobation de quelques esprits étroits, ti ou jaloux, indifférence des gouvernements, ils ont phé de tout. Ils nous lèguent non-seulement l'écl leurs découvertes, mais la conquête désormais assur l'opinion publique, et le secours, qui ne se démentira des moyens matériels de travail fournis par les puissants monde. Il y a quelques mois à peine, les physiologistes çais protestaient encore contre l'insuffisance pénible qu'on appelait leurs laboratoires, insuffisance que faisa core plus ressortir la splendide installation des physiolo allemands. Cet état de choses si douloureux pour amour-propre national, si funeste pour la physiologie fran va enfin cesser. Nous devons associer dans notre reco sance, aux hommes qui ont fait faire tant de progrè science, ceux qui lui facilitent ainsi l'accomplisseme progrès futurs.

PAUL BERT.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈ

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 20 — 17 AVRIL 1869

Paris, 16 avril 1869.

La réception de M. Claude Bernard, successeur de Flourens à l'Académie française, n'aura pas lieu jeudi prochain, comme nous l'avions annoncé dans notre numéro du 13 mars dernier. Le discours de M. Claude Bernard est entre les mains de M. Patin, qui doit lui répondre ; mais celui-ci n'a pas encore terminé sa réponse.

— L'Académie de médecine a élu mardi dernier un membre dans la section d'hygiène et de matière médicale en remplacement de M. Gérardin. La section présentait : en première ligne, M. Fauvel ; en deuxième ligne, M. Hillairet ; en troisième ligne, M. Le Roy de Méricourt ; en quatrième ligne, M. Gallard ; en cinquième ligne, M. Bertillon ; en sixième ligne, M. Lunier. Sur la demande d'une trentaine de membres, l'Académie a complété cette liste en y ajoutant le nom de M. Lagneau.

Au premier tour de scrutin, sur 80 votants, M. Fauvel a obtenu 59 voix, M. Hillairet 13, M. Lagneau 3, MM. Bertillon, Gallard et Le Roy de Méricourt, chacun 1. On a trouvé de plus dans l'urne un bulletin blanc et un bulletin portant le nom de M. Michel Lévy.

M. Fauvel est médecin de l'empereur ; mais ce n'est point là son seul titre. Il a pris une part très-active aux travaux de la commission sanitaire internationale instituée à Constantinople, il y a une couple d'années, pour chercher les moyens d'arrêter les invasions du choléra en Europe, où il est surtout apporté par suite des pèlerinages musulmans à la Mecque. Revenu à Paris et pourvu d'un service à l'Hôtel-Dieu, M. Fauvel a fait devant l'Académie de médecine plusieurs lectures sur les moyens de prophylaxie générale qu'on peut employer contre le choléra.

M. Bertillon est surtout connu par un grand nombre de recherches de statistique médicale ; nos lecteurs se rappellent sans doute le travail qu'il a présenté à l'Académie de médecine il y a deux ans, lors de la discussion relative à la validité militaire de la population française, sur la mortalité comparée à divers âges dans plusieurs départements de la France et chez quelques nations étrangères (voyez notre tome IV, page 400, 18 mai 1867).

M. Lagneau s'occupe particulièrement d'anthropologie ; c'est un des membres les plus actifs de la Société d'anthropologie de Paris, où il a fait en 1867 un rapport fort intéressant sur l'état actuel de l'anthropologie française. Il avait présenté tout récemment à l'Académie de médecine deux mémoires : l'un sur la population parisienne, l'autre sur la répartition de certaines infirmités en France, qui ont donné lieu au rapport de M. Broca publié dans notre numéro du 3 avril (page 279).

M. Le Roy de Méricourt est rédacteur en chef des *Archives de médecine navale* ; il aurait pu représenter dans le sein de l'Académie une branche de l'hygiène à laquelle le développement des relations commerciales donne une importance chaque jour plus grande, et qui embrasse des questions d'une nature toute particulière, nous voulons parler de l'hygiène navale. M. Le Roy de Méricourt occupe une position élevée dans le corps médical de la flotte, et c'est lui qui a été chargé par le ministère de l'Instruction publique d'exposer les progrès de l'hygiène navale en France, à l'occasion de l'Exposition universelle.

Enfin, M. Lunier est inspecteur général des établissements d'aliénés ; c'est dire qu'il a surtout étudié les maladies mentales. A l'appui de sa candidature, il a lu, devant l'Académie, un mémoire sur l'augmentation progressive du chiffre des aliénés en France, ses causes et les moyens d'y remédier.

De 1835 à 1869, le nombre proportionnel des aliénés constatés par les recensements généraux, s'est élevé de 4,96 à 24,28 pour 1000 habitants. Cette augmentation vraiment effrayante de la folie doit être attribuée en partie à l'imperfection notoire des anciens recensements, qui laissaient échapper le plus grand nombre des cas d'aliénation. Mais il n'en est pas moins vrai qu'on arrive, au 1er janvier 1869, à constater 1 aliéné sur 412 habitants; et encore ce chiffre est-il notablement au-dessous de la vérité, à cause du soin que prennent les familles à cacher la folie de leurs membres. En réalité, M. Lunier croit qu'il doit y avoir en France bien près d'un fou sur 200 habitants. Voilà une proportion qui donne à réfléchir.

Quant aux aliénés placés dans les établissements spéciaux, et dont le nombre est plus facile à établir, il s'est élevé depuis 1835 de 10 000 à 38 000, c'est-à-dire qu'il a presque quadruplé. Par rapport à la population, ces chiffres représentent 3,16 pour 1000 habitants, en 1835, contre 10,4 pour 1000 en 1869 ; c'est encore une augmentation de plus du triple. Cet accroissement continu de la population des établissements d'aliénés tend du reste à se ralentir ; le chiffre annuel des admissions augmente toujours ; mais cependant d'une manière moins rapide, et surtout commence à être contre-balancé dans une mesure beaucoup plus large par les sorties à la suite de décès ou de guérisons.

Il est impossible de préciser exactement l'augmentation réelle des cas de folie ; mais cette augmentation existe certainement. Parmi les différentes espèces de folies, il en est une,

bientôt occuper une grande place parmi ses contemporains, se fit le véritable fondateur de la paléontologie botanique. Il y a aujourd'hui, messieurs, à peu près quarante-huit ans que M. Adolphe Brongniart, déjà très-familiarisé avec les caractères des végétaux, initié à la connaissance de l'écorce terrestre par les leçons de son illustre père et sans doute fort animé par l'exemple de Cuvier, publia un mémoire sur *la classification et la distribution des végétaux fossiles*. Pour la première fois, on déterminait d'une manière rigoureuse les débris des anciennes végétations, ainsi que la distribution des genres et des espèces dans les divers terrains. Ce mémoire a été le point de départ, pour son auteur, d'une œuvre plus vaste, et, pour les paléontologistes, d'une multitude de travaux.

Dans cette voie de recherches, M. de Saporta (de l'Académie d'Aix), investigateur actif, observateur habile, a fortement contribué aux progrès de la science. Sous le titre d'*Études sur la végétation du sud-est de la France à l'époque tertiaire*, il a donné un ouvrage d'une haute importance. Le sud-est de la France, c'est le pays qu'il habite, le pays qu'il connaît à merveille, qu'il étudie avec la prédilection qu'inspire le sol natal. Si M. de Saporta s'était contenté de reconnaître avec exactitude, de décrire avec précision les nombreux débris des végétaux fossiles qu'il a recueillis, il eût fait déjà un excellent travail. Mais son esprit porte plus loin. L'ensemble des faits observés, les comparaisons avec la flore actuelle, l'ont conduit à apprécier l'état de l'atmosphère régnante aux époques successives de la période tertiaire.

Les plantes de cette période recueillies en Provence suffisent à donner l'idée des changements extraordinaires que la végétation a subis sur un même point du globe. Dans les couches les plus anciennes, on trouve beaucoup de végétaux analogues à ceux de l'époque précédente, l'époque de la craie; ce sont des types maintenant tout à fait disparus et qui se font de plus en plus rares dans les couches moins anciennes. Ce sont alors des formes qui ne sont guère représentées aujourd'hui que dans les régions situées entre les tropiques, associées aux formes qu'on rencontre encore dans la même zone, et, chose curieuse, mélangées aussi à des formes voisines de celles qui caractérisent actuellement les régions australes.

M. de Saporta en vient à étudier la flore du dépôt de Sézanne, le plus ancien des étages tertiaires (base de l'éocène, au voisinage de la craie). Ici la végétation diffère beaucoup de celle qui a été observée en Provence, mais un même phénomène se présente, une association de types caractéristiques des régions tropicales du monde actuel, comme les Pandanées, les Fougères en arbres et tant d'autres, avec des types européens, tels que des aunes, des peupliers, des bouleaux, des ormes. A cette époque, les formes tropicales dominent; à une époque moins ancienne (Œningen) de la période tertiaire, il y a un partage plus égal entre les deux séries végétales; à l'époque la moins reculée de la même grande période géologique, les types de l'Europe actuelle ont acquis une prépondérance marquée. On le sait, dans le monde d'aujourd'hui, il faut aller jusqu'aux rives de la Méditerranée pour voir le myrte, le laurier, le palmier nain, qui apparaissent là comme des représentants presque égarés de la flore des pays les plus chauds.

A ces recherches de paléontologie botanique, nous devons de connaître la nature végétale dans ses principaux caractères, et de nous figurer exactement l'aspect de cette nature dans ses phases successives sur la partie même du globe que nous habitons. Qui pourrait demeurer indifférent devant la grandeur d'un tel résultat! A ces recherches, nous devons de posséder une idée au moins fort approximative des climats qui ont régné successivement, car, on n'en saurait douter, les végétaux analogues à ceux qui sont aujourd'hui confinés aux environs des tropiques ne se sont pas développés dans les conditions de l'Europe actuelle. Qui pourrait n'être pas frappé de ces démonstrations si claires, qui nous font vivre en quelque sorte dans des temps bien antérieurs à l'apparition de l'homme!

Je ne puis me détacher encore de ce sujet sans rappeler une dernière communication de M. de Saporta, relative à l'extension de certaines plantes fossiles sur des espaces prodigieusement vastes. Un savant de la Suisse, M. le professeur Oswald Heer, a fait connaître par de magnifiques ouvrages les plantes fossiles des régions arctiques, ainsi que les plantes tertiaires de la Suisse. Ces plantes, souvent d'une conservation si parfaite qu'avec un peu d'illusion on les prendrait pour des rameaux arrachés aux arbres de l'automne, forment le splendide ornement du musée de Zurich. M. de Saporta, rapprochant ses observations personnelles des belles et nombreuses observations de M. Heer, a tracé un tableau saisissant. On voit d'abord, et peut-être avec surprise, que les explorations des paléontologistes, si actives et si fécondes dans l'Europe centrale, ont été poursuivies au nord sur les terres les plus lointaines : l'Islande, le Groenland, le Spitzberg, les rives du fleuve Mackensie. Par suite de ces explorations, l'histoire de notre planète a fait un grand pas. Tout le dit à présent; les régions désolées qui s'étendent au delà du cercle polaire étaient couvertes, pendant la période qui nous occupe, d'une riche végétation, et une partie très-notable de cette végétation était composée des arbres qui prospéraient en même temps dans l'Allemagne, la Suisse, la France, l'Italie. Voilà ce que M. de Saporta a exposé en détail. Il est inutile d'insister sur l'importance des découvertes qui ont amené la révélation d'un fait si remarquable, dont la supposition aurait été à jamais écartée par la considération des phénomènes actuels. Durant la période tertiaire moyenne, la terre, jusqu'aux pôles, jouit d'un climat doux; la température qui règne à l'extrême nord n'est que peu inférieure à celle des parties centrales et méridionales de l'Europe. Les études qui ont porté sur les débris des corps organisés appartenant à des âges du monde plus reculés avaient déjà fourni des preuves de cette ancienne condition de la terre. L'esprit scientifique hésite ou même s'arrête encore devant l'explication d'un tel phénomène. Si l'on admet le déplacement de l'axe des pôles, si l'on s'abandonne à la croyance que le soleil s'est beaucoup modifié à travers les âges du monde, la réserve s'impose en présence de ces hypothèses.

Une médaille d'or est attribuée à M. de Saporta, et nous sommes bien assurés que cette récompense recevra de toutes parts une entière approbation.

— Après la végétation du monde ancien, la végétation du monde moderne au moins pour un instant.

Tout le monde connaît et comprend l'intérêt qui s'attache à la flore des montagnes. Un membre de l'Académie de Toulouse, M. Timbal-Lagrave, observateur sérieux et plein d'activité, s'est acquis une réputation par ses études approfondies de la flore des régions pyrénéenne et sous-pyrénéenne. Ce n'est pas tout cependant; par des observations attentives et

ences délicates sur les hybrides, M. Timbal-Lagrave
ié très-exactement les caractères de certaines espèces
et précisé l'influence de chaque élément sexuel. Je
n dire davantage sur ce sujet, mais le temps nous

niste de Toulouse recevra une médaille d'argent.
cherches de M. Lespès sur l'organisation et les mœurs
rs insectes témoignent de beaucoup de talent d'ob-
de beaucoup de finesse d'esprit et d'une véritable
l'anatomiste. Personne, je l'espère, ne me saura
ré de donner une idée de leurs résultats les plus no-
es plus curieux.
l de certaines grottes où la lumière ne pénètre ja-
ent de petits coléoptères carnassiers, absolument
qu'on a nommés, à raison de cette infirmité, les
lmes. Ces insectes étranges ont été fort recherchés
lernières années ; l'existence d'êtres organisés pour
sombres réduits fort resserrés, les mœurs singulières
es, leur aspect très-particulier, offraient à l'observa-
a méditation sujet de s'exercer sur un point remar-
la création animée. On ignorait si l'atrophie des
le la vision était complète chez ces pauvres deshé-
espès a résolu la question pour les Anophthalmes des
es Pyrénées, créatures de la taille de 3 à 4 milli-
t pour d'autres espèces également aveugles et plus
core, qui habitent les fourmilières. Par des dissec-
bien délicates, il a constaté l'absence totale des yeux,
optiques et de toute la partie du cerveau qui, chez
yants, est en rapport avec ces nerfs. Ainsi, tout dit
des êtres absolument destinés par la nature à vivre
conditions étroitement déterminées.
pès est l'auteur de charmantes observations sur les
des Fourmis; je n'en retiendrai qu'une seule, très-
faire connaître les singulières relations qui existent
animaux de groupes fort différents. De petits coléo-
isants (Clavigères) se rencontrent exclusivement dans
ilières. Ils portent des poils qui sont le siége de la
n d'une liqueur fort recherchée des Fourmis, le fait
depuis longtemps; mais M. Lespès, le premier, a vu
petits coléoptères sont incapables de prendre eux-
eur nourriture, ils périraient sans l'assistance des
toujours attentives à leur donner la becquée. Voilà
ves qui ne doivent avoir aucun désir de liberté.
auparavant, le même auteur avait publié un travail
ortant sur les Termites, si connus sous le nom très-
de *Fourmis blanches*. Les Termites, c'est le fléau
habitants de la contrée dans laquelle ils se propagent;
vrais observateurs, c'est une des merveilles de la
S'attaquant à toutes les substances, détruisant tout
passage, minant des maisons jusqu'à les faire écrouler,
nites sont redoutables au plus haut degré. Étudiés
rs mœurs, dans leurs instincts, dans leur industrie,
r constitution sociale, ils deviennent des êtres admi-
ls ont des sociétés parfois immenses, dont les indivi-
nt une diversité de formes et d'aptitudes poussée plus
partout ailleurs. Il y a des individus féconds, mâles
les, des larves et des nymphes de plusieurs sortes, des
l'ouvriers, et une armée permanente composée de sol-
jours prêts pour la défense de l'habitation commune.
nites ne travaillent que dans l'ombre; ils établissent
nbres, ils pratiquent des galeries sans qu'on s'en aper-
çoive. Ingénieurs incomparables, ils jettent des ponts tubulaires pour se porter à de grandes distances, ou construisent des tuyaux pour se porter d'un étage à l'autre. Dans les caves de la préfecture de la Rochelle, on a pu voir souvent ainsi des colonnettes creuses, grosses comme des brins de chaume, descendant de la voûte jusqu'au sol. Ces êtres sont d'une étude fort difficile : le Termite de France, fléau des départements de l'Ouest, est très-petit. On n'était pas fixé sur la véritable nature de certaines catégories d'individus, et en particulier sur celle des soldats. A cet égard, les recherches de M. Lespès ont éclairé ce qui était obscur. On était certain que les ouvriers, individus neutres, étaient des femelles impropres à la reproduction, et l'on admettait volontiers que les soldats étaient des mâles neutres. M. Lespès a reconnu chez ces derniers des représentants des deux sexes, et il a constaté parmi les individus féconds, ce qui a paru bien étrange, deux sortes de mâles et deux sortes de femelles, ou, comme il les appelle, des petits rois et des petites reines, et des grands rois et des grandes reines. En anatomiste habile, M. Lespès a donné la démonstration la plus satisfaisante de ces faits.

Une médaille d'or lui est attribuée, et c'est une récompense bien placée.

— En plus d'une circonstance des témoignages d'estime de la part du Comité ont été donnés à de jeunes investigateurs qui y ont puisé un encouragement. S'ils avaient craint d'abord de ne rencontrer que l'indifférence, ils étaient rassurés pour l'avenir. Mais souvent aussi les plus hautes récompenses dont nous pouvions disposer ont été attribuées à des savants mûris et déjà en possession d'une célébrité. Une fois de plus, on saluait le mérite incontesté. Le sentiment qui en plusieurs occasions avait dicté le choix du Comité semblait devoir se manifester de nouveau cette année en faveur d'un des membres les plus distingués des Sociétés lyonnaises, M. Fournet. Nous avons perdu M. Fournet il y a quelques mois, et c'est un devoir, pensons-nous, dans cette réunion des membres des Sociétés savantes, de rendre hommage à cet éminent confrère, l'auteur d'une multitude de travaux estimés, relatifs à la géologie et à la météorologie, qui lui avaient valu le titre de correspondant de l'Institut, le professeur plein de sollicitude pour ses élèves, l'homme de bien qui s'est fait le consolateur d'une grande infortune (1).

— Je veux terminer, messieurs, en exprimant un sentiment de sympathie, auquel certainement vous vous associerez, pour deux membres de nos Sociétés savantes, M. Companyo et M. Millet. M. Companyo, le fondateur et toujours le conservateur du musée de Perpignan, n'a plus que quelques années à parcourir pour avoir parcouru un siècle entier, et récemment il a publié un écrit sur l'histoire naturelle des Pyrénées orientales. M. Millet (d'Angers) n'est qu'un peu plus jeune, et il nous a envoyé l'année dernière un supplément à la *Faune du département de Maine-et-Loire*, une œuvre déjà ancienne. Ces exemples ne réveillent-ils pas le souvenir que possède chacun de nous, de certains hommes d'études qui, aux approches des plus lointaines limites de la vie, n'hésitent pas à entreprendre de longs travaux, tant il leur semble que leur esprit est en possession de l'éternité ?

ÉMILE BLANCHARD.

(1) M. Chacornac, ancien astronome de l'Observatoire impérial, depuis longtemps éloigné de ses travaux par une cruelle affection, a reçu de la part de M. Fournet tous les soins et toutes les consolations que pouvaient inspirer les plus nobles sentiments.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

VII

Théorie physiologique de l'anesthésie par le chloroforme et l'éther. — L'action des anesthésiques porte exclusivement sur les centres nerveux. — Elle s'accompagne d'une anémie du cerveau.

Quoique nous nous occupions surtout ici de la pratique expérimentale, cela ne signifie pas que nous devions nous borner à un véritable rôle d'empiriques, et c'est ce qui arriverait si nous nous contentions de déterminer les règles techniques pour l'application d'un procédé ou pour l'emploi d'une substance sans chercher à comprendre comment agit la substance, pourquoi il faut l'employer de telle ou telle manière, et quelles sont les conséquences de son intervention. Le physiologiste doit toujours chercher à connaître la raison scientifique de ce qu'il fait.

Nous avons considéré jusqu'ici les agents anesthésiques d'abord comme un moyen d'empêcher les animaux de souffrir pendant les vivisections, ce qui est toujours un résultat utile à tous les points de vue, mais aussi et surtout comme un moyen de s'en rendre maître pour les soumettre aux expériences qu'on veut pratiquer sur eux. Nous allons maintenant quitter les applications à la chirurgie et à la physiologie opératoire pour l'étude des agents anesthésiques au point de vue de la théorie physiologique de leur action.

Il est clair que l'animal placé sous l'influence du chloroforme ne peut plus être considéré à tous égards comme étant dans son état normal. C'est un être soumis à un agent toxique, dont l'action, il est vrai, n'est pas poussée assez loin, d'ordinaire, pour le tuer complètement, mais qui cependant modifie d'une manière très-notable les fonctions physiologiques de l'organisme. Cela est si vrai, que les poisons les plus violents peuvent se trouver absolument sans action sur un animal chloroformisé.

Ainsi j'ai fait autrefois avec M. Paul Thenard des expériences consistant à injecter dans le tissu cellulaire, chez des lapins soumis à l'influence de l'éther, des quantités d'acide prussique très-supérieures aux doses qui les tuent fort rapidement à l'état normal, et cependant ces animaux ne ressentaient aucun effet toxique tant qu'ils restaient insensibles; mais l'empoisonnement se produisait aussitôt, lorsqu'ils se réveillaient en échappant à l'action anesthésique qui masquait ou modifiait les propriétés normales des éléments du système nerveux.

Legallois détruisait les régions dorsales et lombaires de la moelle épinière chez de jeunes lapins en enfonçant un stylet dans le canal vertébral, et cette opération entraîne très-souvent la mort immédiate. J'ai vu que la mort n'arrive pas aussi facilement lorsqu'on pratique cette opération sur un animal soumis à l'influence anesthésique.

L'anesthésie semble donc placer les animaux qui y sont soumis dans des conditions très-différentes de l'état normal. Il devient par suite nécessaire d'examiner les conséquences qu'entraînent pour l'organisme ces conditions toutes nouvelles. Dans cette étude, nous parlerons toujours du chloroforme et de l'éther, parce que c'est avec ces deux corps qu'on a fait presque toutes les expériences et que nous en instituerons nous-mêmes de nouvelles; ce sont d'ailleurs les deux seules substances qui soient employées usuellement. Il faut donc restreindre nos conclusions à l'éther et au chloroforme, sur lesquels nous expérimentons, car il y a d'autres substances anesthésiques qui agissent peut-être d'une manière différente. Quant à l'éther et au chloroforme, leur action est la même au point de vue physiologique, sauf une différence d'intensité en faveur du chloroforme, ce qui nous fera généralement employer ce dernier corps de préférence à l'éther.

On n'a pas encore constitué la théorie générale de l'action physiologique des anesthésiques; nous allons essayer d'y arriver, non pas sans doute d'une manière définitive, mais au moins autant que le permettra l'étude rapide à laquelle nous pouvons nous livrer actuellement.

Les médecins croient souvent que les théories sont inutiles, sinon nuisibles, en thérapeutique. Aux yeux de certains d'entre eux, il suffirait de savoir comment et à quelles doses on doit donner les médicaments, puis quels sont les résultats obtenus à la suite de chaque médication. On rassemble ainsi des observations qu'on additionne pour en tirer des moyennes relativement à chaque substance employée.

Sans doute, la statistique médicale est loin d'être inutile; elle nous apprend ce qui arrive dans le plus grand nombre de cas. Mais la statistique la plus parfaite n'est pas encore de la science, c'est l'empirisme généralisé. Il faut atteindre la raison même des choses, c'est-à-dire les causes immédiates des phénomènes.

Pour établir la théorie physiologique de l'anesthésie, il ne suffit donc pas de classer les innombrables observations qui ont été recueillies pour tirer de leur comparaison quelques formules plus ou moins générales, mais il faut attaquer le problème lui-même dans sa cause, et se demander la raison des faits qu'on observe.

Et d'abord sur quel élément agit un anesthésique? C'est toujours, nous le savons, par cette question qu'il faut débuter dans l'étude d'une substance ou d'un agent quelconque, et cette question offre partout le même sens aux yeux du physiologiste. Un animal, considéré dans son ensemble, n'est qu'un véritable mythe, une expression littéraire qui embrasse une foule de choses diverses et ne répond à rien de précis. La réalité physiologique dans le corps d'un animal, c'est l'élément d'où dérivent les activités vitales.

Depuis longtemps la simple observation des faits bruts les plus ordinaires a montré que les anesthésiques agissaient sur le système nerveux. Mais, dans le système nerveux lui-même, il y a des éléments divers, des nerfs moteurs, des nerfs sensitifs, des cellules nerveuses de divers ordres constituant les centres nerveux.

Parmi tous ces éléments, quels sont ceux qu'atteint d'abord l'action des anesthésiques? Ce sont les centres nerveux. Mais on doit tenir compte, dans l'interprétation des faits, de l'influence que peuvent exercer les modifications de l'absorption et de la circulation, car il faut avant tout, comme nous l'avons dit, que la substance anesthésique pénètre jusqu'aux organes

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258 et 295, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars et 10 avril 1869, et les numéros indiqués à la note de renvoi, page 98.

ientaires qu'elle doit modifier. Voilà ce que nous allons
ontrer par des expériences directes.
a vu que, chez les animaux supérieurs, il faut nécessai-
ent introduire les agents anesthésiques par les poumons,
is que les grenouilles, grâce aux particularités de leur res-
ion, pouvaient être anesthésiées par la peau. C'est de cette
nstance que nous allons profiter pour instituer nos expé-
ces.
ici deux flacons à large tubulure remplis d'eau anesthé-
formée par notre solution normale de chloroforme ($\frac{1}{100}$)
lue de son propre volume d'eau ; c'est donc une solution
aloroforme au deux-centième ($\frac{1}{200}$).
s tubulures de ces deux flacons sont fermées par des
ibranes de caoutchouc vulcanisé qu'on perce en leur mi-
; par le trou ainsi formé on introduit des grenouilles
i'à mi-corps, et la membrane de caoutchouc, en se resser-
les maintient dans la position où on les a placées.
us introduisons ainsi des grenouilles dans nos deux fla-
, mais en leur donnant une position inverse. L'une a la
ié inférieure du corps plongée dans l'eau chloroformée
remplit le flacon, tandis que la moitié supérieure du
reste libre à l'extérieur, au-dessus de la membrane de
tchouc. L'autre grenouille est renversée la tête en bas, et
a dans l'eau chloroformée la moitié supérieure du corps,
is que le train postérieur reste en dehors à l'abri du con-
le la liqueur anesthésique.
deux grenouilles ne reçoivent le chloroforme que par
moitié du corps, l'une par la partie inférieure, l'autre
a partie supérieure. Cependant, au bout de quelques
ites, l'anesthésie se produit dans le corps tout entier ; la
e émergée devient insensible tout aussi bien que la partie
ergée. Cela est facile à comprendre. Une fois que le
roforme a pénétré dans l'organisme par un endroit quel-
ue, la circulation le transporte dans tous les membres,
rte que les parties émergées, où le chloroforme ne peut
ntrer directement par la peau, puisqu'elles ne sont pas
ontact avec la liqueur anesthésique, n'en reçoit pas
s du chloroforme par l'intermédiaire du sang. On ob-
même l'anesthésie en plongeant seulement la patte
grenouille dans la solution de chloroforme. Seulement,
ne la surface absorbante est alors beaucoup moins éten-
le chloroforme met plus de temps à pénétrer dans l'or-
me en quantité suffisante, et l'anesthésie est bien plus
ie à se produire.
près cette double expérience, c'est la circulation qui géné-
l'anesthésie en transportant partout la substance qui la
uit. Mais qu'arriverait-il si nous empêchions la circula-
le transporter l'agent anesthésique dans une certaine
e du corps ?
st là une condition facile à réaliser. Pour y arriver, on
e le sacrum sur une grenouille, et l'on met ainsi à nu les
lombaires, qui continuent la moelle épinière et se
buent dans les membres inférieurs ; puis on lie l'aorte,
ieux, — pour éviter l'inconvénient des anastomoses qui
ent établir des communications collatérales parallèles à
e, — on passe un fil sous les nerfs lombaires et l'on em-
dans une même ligature toutes les parties molles du
, sauf les nerfs lombaires (fig. 20).
divise ainsi la grenouille en deux parties, l'une anté-
, l'autre postérieure, qui n'ont plus aucune communi-
par le système circulatoire, de sorte que le sang ne
peut plus être poussé du cœur dans les pattes de derrière et y porter le poison qu'a reçu la partie antérieure du corps. Au contraire, les deux trains antérieur et postérieur restent en relation comme auparavant, par la moelle épinière et les nerfs lombaires ; vous voyez, en effet, que les mouvements réflexes continuent à se produire très-bien dans les membres inférieurs lorsqu'on les pince ou qu'on les excite d'une façon quelconque.



Fig. 20. — Grenouille ayant une ligature par le milieu du corps pour montrer que l'action des anesthésiques se produit dans les centres nerveux, et frappe de là toute l'étendue des nerfs sensitifs.
A, A. Nerfs lombaires au-dessus de la ligature. — B. Aorte au-dessous du fil et comprise dans la ligature.

Deux grenouilles sont préparées, comme on vient de le voir, puis placées dans des flacons semblables à ceux qui ont été décrits tout à l'heure, et disposées de la même manière. L'une a donc la moitié antérieure du corps plongée dans la liqueur anesthésique et la moitié postérieure au dehors ; l'autre, au contraire, est en contact avec l'eau chloroformée, par son train postérieur, tandis que le train antérieur échappe à ce contact. La membrane de caoutchouc serre la grenouille juste à la ligature médiane, de telle sorte que la division du corps produite par cette ligature corresponde exactement à la distinction des parties immergées et émergées.

Entre cette deuxième série d'expériences et la première, il n'y a qu'une seule différence, c'est que les communications circulatoires entre les parties antérieure et postérieure des grenouilles ont été interrompues, de sorte que le poison introduit dans le train antérieur ne pourra plus passer dans le

train postérieur, et *vice versâ*. Voyons maintenant quelles différences il y aura dans les phénomènes.

Chez la grenouille qui a le train antérieur plongé dans l'eau chloroformée, l'anesthésie se produit, et elle se produit non-seulement dans la partie supérieure du corps qui est immergée, mais aussi dans la partie antérieure, qui n'est aucunement en contact avec la liqueur anesthésique. C'est exactement ce que nous avons observé tout à l'heure chez la grenouille placée dans la même position, mais qui n'avait subi aucune ligature, et dont les communications circulatoires étaient par conséquent tout à fait intactes. Ici il est bien clair que ce n'est plus le sang qui a généralisé l'anesthésie du train antérieur au train postérieur, puisqu'il n'a pu accomplir ce trajet, que la ligature lui avait complétement fermé. La transmission de l'anesthésie n'a donc pu se faire que par une autre voie, et cette voie c'est nécessairement la moelle épinière et les nerfs, puisque c'est la seule communication qui subsiste entre les deux parties du corps.

Voici ce qui s'est passé. Dans le train antérieur, le sang circule librement sous l'impulsion du cœur; il s'est donc chargé du chloroforme qui a pénétré par la peau, et il a conduit ce chloroforme en contact avec le cerveau et la moelle épinière, qui ont été ainsi anesthésiés. Puis les nerfs lombaires et tous les autres nerfs qui prennent leur racine dans la moelle épinière ont été anesthésiés à leur tour sous l'influence de la moelle, et anesthésiés dans toute leur étendue, bien qu'ils ne fussent exposés à l'action anesthésique qu'à leur origine médullaire et que tout le reste de leur trajet en restât parfaitement à l'abri.

Examinons maintenant l'autre grenouille, dont le train postérieur seulement est plongé dans l'eau chloroformée. Celle-ci n'est pas anesthésiée du tout, ni dans la tête et le tronc, que le chloroforme ne touche pas, ni même dans les pattes postérieures, qui sont directement en contact avec cette substance. Tout à l'heure, au contraire, la grenouille placée dans cette position sans avoir subi de ligature s'était anesthésiée complétement dans toutes les parties du corps, émergées ou immergées.

Qu'est-ce que cela signifie? Le train postérieur a pu recevoir, par la peau, du chloroforme qui a imbibé les extrémités nerveuses; mais ce chloroforme n'a pu se répandre que dans le train postérieur, puisque la ligature l'empêche de pénétrer dans le train antérieur; donc le chloroforme a touché seulement les nerfs sensitifs des pattes de derrière, sans pouvoir atteindre l'origine de ces nerfs dans la moelle épinière ni la moelle elle-même. Il peut en résulter une anesthésie locale et passagère dans les pattes, mais on n'obtient pas d'anesthésie générale.

Cela prouve que l'influence anesthésique ne peut pas remonter le long des nerfs sensitifs, et que, pour frapper ces nerfs, elle doit nécessairement les atteindre par leurs centres. En un mot, c'est sur le système nerveux central que s'exerce l'action du chloroforme et de l'éther, et l'anesthésie des centres nerveux enlève leur sensibilité aux nerfs sensitifs dont l'origine a été touchée, tandis que le résultat inverse ne se produit pas, l'action du chloroforme sur l'extrémité périphérique ou le tronc des nerfs sensitifs étant impuissante à produire une véritable anesthésie.

Nous avons institué une troisième série d'expériences pour démontrer que l'anesthésie se produit par la moelle épinière de même que par le cerveau. Voici comment il faut opérer pour cela.

On prend deux grenouilles; puis,— au lieu de leur appliquer au milieu du corps, comme nous le faisions dans la deuxième série d'expériences, une ligature embrassant tous les vaisseaux de manière à interrompre la circulation en respectant les communications par la moelle épinière et les nerfs lombaires,— au lieu de cela, on fait l'inverse : on ne pratique plus de ligature, de telle sorte que la circulation continue librement dans tout le corps, mais on coupe la moelle épinière vers le milieu de la région dorsale, de façon à interrompre les communications entre le cerveau et la partie supérieure de la moelle d'un côté, et, de l'autre, la partie inférieure de la moelle et les nerfs lombaires qui se distribuent dans les pattes de derrière.

Une grenouille ainsi opérée ne peut plus exécuter de mouvements volontaires avec ses membres postérieurs, puisque la section de la moelle épinière empêche l'influence du cerveau de parvenir jusqu'à eux; mais, comme ces membres sont restés en communication avec le tronçon inférieur de la moelle épinière, ils peuvent toujours être le siége de mouvements réflexes, tout aussi bien, sinon mieux, qu'à l'état normal. Vous voyez, en effet, que, si je pince les pattes de derrière, elles se retirent vivement, comme elles pourraient le faire sous l'influence directe de la volonté de l'animal. Les mouvements réflexes sont donc parfaitement conservés.

Plaçons maintenant ces deux grenouilles dans des flaçons remplis d'eau chloroformée, de la même manière que nous l'avons déjà fait pour nos deux premières séries d'expériences. L'une aura donc la partie inférieure du corps dans l'eau chloroformée, l'autre y aura au contraire la partie supérieure.

Ceci fait, les phénomènes qu'on observe sont exactement semblables à ceux que nous avons déjà constatés dans notre première série d'expériences: c'est-à-dire que les deux grenouilles sont anesthésiées et anesthésiées dans tous leurs membres, ceux qui plongent dans l'eau chloroformée comme ceux qui n'y plongent pas. La circulation étant restée intacte, nous sommes exactement, sous ce rapport, dans les mêmes conditions que pour notre première série d'expériences, et il est dès lors tout naturel que l'anesthésie se produise, quelle que soit la partie du corps en contact avec l'eau chloroformée, puisque le chloroforme, une fois entré dans l'organisme sur un point quelconque, est transporté ensuite par le sang dans toutes les parties du corps.

Ce qu'il faut remarquer, c'est que l'anesthésie ne se manifeste pas seulement dans la région antérieure du corps, placée sous l'influence du cerveau ou de la partie supérieure de la moelle restée en communication avec lui; elle se produit également dans les pattes de derrière, qui ne sont plus innervées que par le tronçon inférieur de la moelle épinière, lequel est séparé du reste de la moelle et du cerveau par la section que nous avons pratiquée dans la région dorsale.

Cela prouve que les anesthésiques n'agissent pas seulement sur le cerveau, qui transmettrait ensuite l'action anesthésique à la moelle épinière comme celle-ci la transmet aux nerfs. Nous examinerons plus tard ce qu'il peut y avoir de vrai dans cette propagation de l'anesthésie par influence; mais l'expérience actuelle démontre clairement que, à la différence des nerfs, la moelle épinière peut s'anesthésier par elle-même, indépendamment de toute influence du cerveau.

‹t, le tronçon inférieur de la moelle n'a pu subir ‹ influence du cerveau, puisqu'il n'est plus en commu‹n avec lui. Mais la circulation, ayant continué comme ‹tat normal, a apporté à ce tronçon médullaire du sang ‹ormé, et ce contact l'a bien anesthésié, puisque les ‹de derrière, qui ne reçoivent plus d'innervation que ‹sont devenues tout à fait insensibles.

‹expérience fournit un argument de plus pour établir ‹moelle épinière constitue un centre nerveux autonome ‹de fonctionner indépendamment du cerveau.

‹i enfin une quatrième série d'expériences qui n'est pas ‹instructive que les précédentes. Nous lions l'aorte et ‹ties molles d'une grenouille comme dans la seconde ‹expériences, de manière à empêcher le sang de passer ‹in antérieur au train postérieur, et *vice versâ* (voyez ‹us figure 20); puis nous coupons la moelle épinière ‹au-dessous de cette ligature. On voit que c'est en ‹e sorte la combinaison de la troisième série d'expé‹avec la seconde.

‹n prend une grenouille ainsi préparée et qu'on plonge ‹antérieur dans un flacon d'eau chloroformée, comme ‹ue nous employons toujours pour ces expériences, les ‹de derrière ne deviennent plus insensibles, pourvu ‹is qu'on ait soin de ne pas enfoncer trop avant le corps ‹renouille de manière à le plonger dans l'eau chloro‹un peu au delà de la ligature. Lorsqu'on prend bien ‹récaution, le chloroforme ne pénètre que dans le train ‹ur, seul immergé, et la circulation étant interrom‹r la ligature, le sang ne peut le transporter jusqu'au ‹inférieur de la moelle, qui, dès lors, ne s'anesthésie ‹les nerfs qu'il envoie dans les membres postérieurs ‹indemnes de toute action anesthésique. Ceci prouve ‹ans la troisième série d'expériences, l'insensibilité des ‹de derrière était bien due à l'anesthésie directe du ‹inférieur de la moelle par le contact du sang chloro‹ue.

‹avions montré la dernière fois que le chloroforme ou ‹devaient nécessairement pénétrer dans le sang pour ‹leur action anesthésique. Les quatre séries d'expé‹que nous venons d'exposer aujourd'hui nous condui‹cette conclusion : Pour que l'anesthésie se produise, ‹que le sang chargé de chloroforme atteigne les centres ‹x : tant qu'on l'empêche d'y arriver par un moyen ‹nque, l'anesthésie est impossible ; mais, dès que ce con‹produit, il en résulte l'anesthésie des nerfs sensitifs ‹ant des centres nerveux atteints par le chloroforme.

‹esthésie se manifeste essentiellement par la perte de ‹ibilité, c'est-à-dire la suppression des propriétés des ‹ensitifs. Cependant vous voyez que, lorsque les nerfs ‹s sont anesthésiés, ce n'est point parce qu'ils ont subi ‹oute leur étendue l'action du chloroforme, mais seule‹parce que cette substance anesthésique a touché le ‹nerveux d'où ils sortent. Cette condition une fois rem‹anesthésie se produit par le seul contact de cet agent ‹extrémité centrale.

‹erf sensitif ne peut donc subir l'action anesthésique ‹naissance dans la moelle ; et, malgré cela, nous ver‹ue l'insensibilité commence par l'extrémité périphé‹absolument réfractaire à l'action du chloroforme, pour ‹ager en remontant le nerf, et frapper en dernier lieu ‹ent l'extrémité médullaire où s'est cependant produite l'action initiale du chloroforme. C'est là un fait très-curieux dont nous trouverons plus tard le pendant, en étudiant l'action du curare sur le nerf moteur.

Il n'est pas nouveau de dire que les substances anesthésiques agissent sur les centres nerveux ; presque tout le monde l'avait déjà indiqué. Mais il ne suffit pas qu'une opinion soit avancée pour être établie dans la science, il faut qu'elle soit démontrée expérimentalement, et c'est ce que nous avons essayé de faire.

Il est donc prouvé maintenant que l'action des anesthésiques se porte sur les centres nerveux. Mais que se passe-t-il dans ces centres nerveux pendant qu'ils subissent l'action anesthésique ? L'éther et le chloroforme engendrent un état analogue au sommeil à beaucoup d'égards, comment se produit cet état particulier des centres nerveux ? Il est clair qu'il doit y avoir là une action sur certaines cellules nerveuses ; mais en quoi peut bien consister cette action ? A défaut de sa nature intime, par quels phénomènes s'accompagne-t-elle et comment peut-elle se caractériser ?

On a toujours soupçonné que le sommeil ordinaire était en rapport avec certains états de la circulation dans les centres nerveux. L'anesthésie produisant une sorte de sommeil plus complet, il était naturel de chercher là un point de comparaison et d'éclairer ces deux états l'un par l'autre.

Or, qu'est-ce que le sommeil naturel lui-même ? et de quels phénomènes est-il accompagné ?

Dès l'antiquité, on avait déjà soutenu que le sommeil était produit par l'accumulation dans le crâne, d'une quantité exceptionnelle de sang qui comprimait la substance cérébrale et interrompait ainsi l'exercice de ses fonctions. La vis ou le pressoir d'Erophile était une figure qui, au fond, ne signifiait pas autre chose que cela. Dans cette manière de voir, le sommeil était donc une hypérémie du cerveau.

Cette idée semblait toute naturelle, et elle paraissait expliquer, par exemple, pourquoi on se couche horizontalement pour mieux dormir : cela devait faciliter l'accumulation du sang dans le cerveau. Aussi la théorie de l'hypérémie cérébrale resta-t-elle longtemps acceptée sans conteste.

C'est seulement en 1860 qu'un médecin anglais, M. Durham, vint la contredire, et soutint au contraire que le sommeil était caractérisé par une anémie du cerveau (1).

Il eut l'idée très-simple de pratiquer une couronne de trépan chez des chiens, afin d'examiner directement, par la fenêtre ainsi ouverte dans la boîte crânienne, quel était l'état de la circulation cérébrale pendant le sommeil naturel et aussi pendant l'action du chloroforme.

Il trouva que, pendant le sommeil naturel, le cerveau devenait pâle, exsangue ; son volume diminuait et s'affaissait notablement au-dessous de la plaie osseuse, sans doute parce qu'il dégorgeait le sang contenu dans ses veines ; enfin on voyait les petits vaisseaux se vider de sang et perdre toute coloration, au point de devenir invisibles. Quand l'animal se réveillait, le cerveau reprenait son volume ordinaire, sa coloration rouge accoutumée ; les vaisseaux étaient de nouveau remplis de sang, avec leur apparence normale, et l'activité circulatoire, auparavant éteinte, se ranimait.

Peu de temps après, en 1866, un médecin de l'armée des États-Unis d'Amérique, M. Hammond, publia des expériences

(1) *The Physiology of sleep*, by Arthur E. Durham (*Guy's hospital Reports*, 3e série, année 1860, tome VI, page 149).

analogues qui le conduisirent aux mêmes conclusions (1). Dès 1854, M. Hammond avait eu occasion d'observer l'anémie cérébrale pendant le sommeil naturel chez un individu qui avait eu le cerveau mis à nu sur une étendue considérable (trois pouces dans un sens et six dans l'autre), à la suite d'un accident de chemin de fer.

En 1860, un autre médecin des États-Unis, M. Bedford-Brown, avait également observé l'anémie cérébrale chez l'homme, dans un cas de fracture du crâne, et cette fois pendant la durée du sommeil anesthésique. Mais, au moment de l'administration de l'agent anesthésique, il y avait eu au contraire turgescence et hypérémie du cerveau pendant quelques instants (1). Enfin, en 1864, M. A. Samson publiait en Angleterre des expériences faites sur des grenouilles avec le chloroforme, l'éther, l'alcool et l'acide carbonique, expériences d'où il concluait, — en rapprochant ses résultats des faits déjà observés par M. Durham, — que l'anesthésie était accompagnée d'un ralentissement notable de la circulation (2).

Il ne suffit pas encore de faire des expériences pour qu'une question soit tranchée, il en faut faire de bonnes, et, par conséquent, avant de donner son adhésion, il faut critiquer les expériences qu'on rapporte. Or, les expériences de MM. Durham et Hammond étaient exécutées dans de bonnes conditions; ils faisaient un trou dans la boîte crânienne pour observer ce qui se passait à l'intérieur, et comparaient l'état de la circulation cérébrale avant, pendant et après le sommeil. La trépanation ne pouvait pas troubler les résultats de cet examen, car on aurait pu remplacer le morceau d'os enlevé par une plaque de verre, qui, au point de vue actuel, aurait rempli le même rôle et n'en aurait pas moins permis de voir tout ce qui passait à la surface du cerveau.

Du reste, l'analogie conduisait déjà à cette idée de l'anémie cérébrale pendant le sommeil. En effet, quand un organe est en repos, il contient ordinairement moins de sang que lorsqu'il travaille. C'est ce qu'on a déjà eu occasion d'observer dans beaucoup de cas, et c'est ce que j'ai vérifié moi-même sur certaines glandes, et particulièrement sur le pancréas, qui est rouge et turgescent lorsqu'il fonctionne, est pâle et exsangue dès que la fonction est arrêtée. Or, quand le cerveau dort, il repose, et il est dès lors naturel de supposer qu'il doit contenir moins de sang dans cet état que pendant la veille, où il fonctionne.

On a fait également des expériences pour déterminer l'état de la circulation cérébrale pendant le sommeil anesthésique, et nous venons déjà d'en citer quelques-unes, où l'on avait observé l'anémie du cerveau comme dans le sommeil naturel. Mais d'autres expérimentateurs ont soutenu au contraire qu'il y avait alors congestion ou augmentation de la quantité de sang contenue dans les vaisseaux.

Si les expériences sont contradictoires; si, dans les unes, on trouve de l'hypérémie, et, dans les autres, de l'anémie, il faut bien que ces deux états existent quelquefois dans le cerveau sous l'influence des anesthésiques. Il s'agira donc d'expliquer dans quelles conditions cela peut exister, et de savoir s'il y a une cause d'erreur possible.

(1) *On Wakefulness*, by William A. Hammond. Philadelphia, 1866.
(2) *American Journal of medical Science*, octobre 1860, page 339. New-York.
(3) *On the action of Anæsthetics and on the administration of chloroform*, by A. Samson (*Medical Times and Gazette*, 1864).

Nous avons vu que, dans certains cas, l'anesthésie [...] s'accompagner de symptômes d'asphyxie et de t[...] qui suspendent la respiration, surtout au premier [...] de l'administration de la substance anesthésique : [...] y a certainement congestion du cerveau; mais si l'a[...] se prolonge et que l'anesthésie survienne, alors il y a [...] et anémie dans l'anesthésie asphyxique comme dans [...] tres. Ce qui revient à dire que, dans toutes les anes[...] quelle qu'en soit la cause, il y a anémie du cerveau; seu[...] elle peut être ou non précédée de phénomènes co[...] Mais, en dehors de ces cas, qui tiennent à une comp[...] particulière, quand l'anesthésie se produit seule, elle [...] toujours une anémie du cerveau. On peut donc expliqu[...] qu'on le voit, les deux résultats contradictoires en le[...] chant à des conditions différentes et à des périodes suc[...] de l'expérience.

D'ailleurs il faudrait bien s'entendre sur ces deux [...] mènes, anémie ou hypérémie, car ils pourraient c[...] l'un et l'autre avec l'anesthésie.

Que faut-il en effet pour qu'il y ait anesthésie? [...] nerfs sensitifs cessent leurs fonctions. Or, en admettan[...] ait anémie cérébrale, on pourra dire que la sensibilit[...] rait, parce qu'il n'y a plus assez de sang dans le cerve[...] exciter l'origine centrale des nerfs sensitifs. Au contra[...] y a hypérémie du cerveau, les cellules centrales, d'[...] tent les nerfs sensitifs, peuvent se trouver trop fortem[...] pressionnées et produire une excitation passagère.

Mais, s'il en résulte des troubles respiratoires, que [...] stagne et n'aille plus s'hématoser dans les poumons, il [...] dra impropre à exciter les fonctions nerveuses, et l'an[...] en sera aussi la conséquence; alors, consécutivemen[...] mie peut arriver, si rien ne gêne le cours du sang. [...] s'appuyant sur ces faits qu'on a prétendu que l'anesthé[...] simplement une asphyxie. Mais ceux qui soutienne[...] l'anesthésie peut survenir sans asphyxie et sans que [...] devienne noir dans les artères, n'en ont pas moins rai[...]

Quant à moi, je suis de ce dernier avis, parce que [...] artériel des animaux anesthésiés conserve sa couleur r[...] ordinaire, et M. P. Bert dit même y avoir trouvé plu[...] gène que dans le sang artériel normal; admettons qu[...] sultat ne puisse pas être absolument constant, il n'en [...] moins inconciliable avec l'idée d'une asphyxie.

Nous vous ferons connaître, dans la prochaine leç[...] résultats de nos expériences, et nous vous montrerons [...] inhalations anesthésiques atteignent le nerf sensiti[...] manière toute physiologique, ce qui nous fournira u[...] velle preuve de l'identité des lois pathologiques et ph[...] giques.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAG[...]

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. H. BENCE JONES (1)
de la Société royale de Londres

La circulation chimique dans les corps viv[...]

Toute science passe ordinairement par trois phases [...] tes, dans sa marche vers la perfection. Dans la pr[...]

(1) Voyez dans notre tome III, page 373, 6 octobre 1866, un[...] rence de M. H. Bence Jones sur l'*existence dans les tissus* [...] *maux d'une substance fluorescente analogue à la quinine.*

, nous croyons tout savoir ; dans la seconde, nous trou-
que nous ne savons rien ; dans la troisième enfin, nous
ns rapidement aux idées claires et suivies qui consti-
la science véritable.

r ce qui regarde le système absorbant chez les animaux
node d'action des remèdes, nous en sommes longtemps
à la première ou à la seconde phase ; mais aujourd'hui
re pouvoir vous montrer qu'il y a des raisons de croire
nous allons sur ce point entrer dans la troisième.
fet, outre la circulation du sang, nous en voyons poin-
ne autre, la circulation chimique, qui dépend en partie
circulation mécanique, mais qui s'opère surtout par
l'endosmose du sang aux tissus, et des tissus aux vais-
d'absorption, qui deviennent ainsi des agents néces-
à l'accomplissement des actions d'oxydation et de nutri-
lont dépend en grande partie la vie animale.

Huggins nous a fait voir comment l'analyse spectrale
éterminer la composition chimique et la constitution
que même des corps situés au delà des limites dans les-
s circulent les astres de notre système solaire. Et de
que nous commençons à pouvoir analyser les nébuleuses
étoiles fixes, de même aussi nous pouvons, dans le mi-
me de nos propres corps, en étudiant les substances
s en dehors du système de la circulation du sang,
s les caractères de la lumière que produit leur com-
n, les analyser avec assez de précision pour y décou-
existence d'éléments qui échapperaient à tout autre
de recherche.

s pouvons, dans ce travail, considérer le corps humain
e composé de quatre parties : un entonnoir, un cercle,
nveloppe et un système d'élimination.

lois de l'endosmose modifiée par la pression détermi-
le passage de toutes les substances de l'entonnoir dans
culation, du cercle dans l'enveloppe, et de l'enveloppe
cercle dans les voies éliminatoires. C'est à M. Graham
ous devons les recherches sur les lois de l'endosmose
z et des liquides, et la division des corps en cristal-
et en colloïdes. Une ou deux expériences que je dois
Ansell et Graham vous feront mieux comprendre la
cation de ces termes. Au dedans et au dehors de ce vase
x se trouve en ce moment de l'air atmosphérique. Il n'y
un mouvement de l'air extérieur pour passer dans le
ni de l'air du vase pour en sortir ; mais entourez le vase
atmosphère d'hydrogène, comme ce gaz est plus léger
air ordinaire, il s'introduit rapidement dans le vase,
que l'air plus dense qui se trouve à l'intérieur filtre
entement au dehors : la pression augmente donc à l'in-
r du vase, et son intensité se trouve indiquée par cet
. Ce ballon de caoutchouc est encore un appareil du
genre. Quand le gaz extérieur est moins dense que ce-
nt il est rempli, le gaz le plus léger pénètre rapidement
térieur, et force le ballon à se dilater assez pour faire
le ressort d'une sonnerie d'avertissement (1). Cet in-
ent a été inventé par M. Ansell pour indiquer la présence
z explosif des mines de houille, qui fait ainsi lui-même
retentir la sonnette d'alarme. Ces appareils de M. Anderson indiquent encore, mais plus lentement, la même différence entre les vitesses d'endosmose de deux gaz d'inégale densité. Le caoutchouc qui couvre ces deux vases offrait d'abord une surface plane. Mais ici, où nous voyons le caoutchouc déprimé, l'hydrogène est sorti plus vite que l'air n'a pénétré ; là, au contraire, la membrane offre une surface convexe, parce que l'hydrogène a pénétré dans le vase avec plus de rapidité que l'air ne s'en est échappé.

Ces liquides, que je dois à M. Graham, nous présentent encore des exemples du même phénomène. Voici une substance cristalloïde très-diffusible, l'acétate de rosaniline ou magenta ; dans cet autre vase se trouve de la cochenille, substance colloïde bien moins diffusible. En une demi-heure, le cristalloïde traverse la membrane, tandis que le colloïde ne donne aucun signe d'endosmose.

Même observation sur ces deux corps d'une densité bien plus considérable. Dans un de ces vases se trouve, à la partie supérieure, un mélange de bichromate de potasse et de gélatine, et, à la partie inférieure, de la gélatine pure ; dans l'autre, à la partie supérieure, un mélange de cochenille et de gélatine, et à la partie inférieure de la gélatine pure : il y a endosmose du bichromate, et immobilité complète de la cochenille.

Les mêmes lois d'endosmose modifiée par la pression déterminent, dans les corps vivants, le passage des substances de l'entonnoir dans la circulation, de la circulation dans les tissus ou les vaisseaux, et le retour de ces mêmes substances des tissus à l'appareil circulatoire, en traversant les vaisseaux absorbants.

Il ne faut pas considérer l'appareil de la circulation comme une tige enroulée sur elle-même, mais plutôt comme une série de cercles formés par les extrémités des différents rameaux qui vont rejoindre celles des radicelles. On peut voir le nombre énorme de ces cercles sur toute pièce anatomique préparée par injection. On dirait que la pièce entière n'est composée que de vaisseaux. Les parois de ces vaisseaux sont des membranes d'une extrême finesse, à travers lesquelles l'endosmose s'opère avec la plus grande rapidité dans les tissus qui sont en dehors du rayon de la circulation. Ces tissus composent les différents organes du corps, nerfs, muscles, glandes, ligaments, os, etc. Chaque particule d'un nerf, d'un muscle ou d'une glande, est entourée de vaisseaux sanguins dont dépendent son accroissement et son action ; mais il existe dans le corps quelques parties dont les fonctions seraient compromises par la présence de vaisseaux sanguins. Ces parties sont les étoiles fixes de notre microcosme ; elles semblent placées en dehors du système de circulation qui relie toute le reste du corps.

De ces étoiles fixes, les plus nombreuses sont les cartilages des articulations ; mais c'est bien plus loin encore qu'il faut placer les étoiles doubles si remarquables du corps humain, les cristallins, qui, sans avoir de circulation propre, sont séparés du système de la circulation générale par une humeur aqueuse et une humeur vitrée, toutes deux aussi dépourvues de cir-

---

(1) M. Ansell vient de perfectionner cet appareil de la manière sui-
La partie principale de l'instrument est un tube en U contenant
cure et dont l'une des branches est terminée par un entonnoir
e fermé par une plaque de terre poreuse. Dans de l'air pur, le
des deux branches est le même. Si au contraire l'air contient de
l'hydrogène protocarboné, ce gaz, filtrant à travers la paroi poreuse, vient augmenter la pression intérieure, et le mercure monte dans l'autre branche du tube. Il établit alors le contact entre les pôles d'une pile électrique, qui peut mettre en mouvement une sonnerie placée à n'importe quelle distance dans une mine ou au dehors. (*Note du trad.*)

culation. On pourrait donc considérer les cristallins comme entièrement à l'abri de la multitude de substances perturbatrices qui pénètrent par l'entonnoir dans la circulation humaine. Ce modèle vous fera peut-être mieux comprendre la distance qui sépare le cristallin de la circulation du sang.

Les cristallins, les humeurs de l'œil et les cartilages des articulations constituent ainsi les parties de l'enveloppe les plus éloignées des vaisseaux, tandis que les tissus des divers organes sont les parties de l'enveloppe en rapport immédiat avec la circulation. L'appareil d'absorption et les conduits des glandes constituent le système d'élimination par lequel les substances qui ont passé du cercle dans l'enveloppe rentrent dans la circulation, ou sont définitivement expulsées.

Nous savons depuis longtemps que la bile peut pénétrer dans tous les tissus ; que la garance se porte sur les os et le fœtus ; l'urate de soude, sur les articulations ; l'acide carbazotique ou picrique, sur la peau ; le mercure, sur les gencives ; le plomb, sur les gencives et les muscles ; l'argent, sur la peau. C'est un fait connu depuis longtemps, qu'une foule de substances s'introduisent par l'entonnoir dans la circulation, pour traverser ensuite l'enveloppe et passer dans les voies d'élimination. Il serait superflu de nommer ici l'éther, l'asparagine, la térébenthine et bien d'autres substances.

J'ai pensé alors que, dans les animaux et dans les plantes (1), l'analyse spectrale doit déterminer avec certitude ce que deviennent les substances absorbées ; le temps qu'elles mettent à passer de l'appareil circulatoire dans l'enveloppe, la durée de leur séjour dans cette dernière, et enfin le temps après lequel elles cessent de paraître dans les voies d'élimination. J'ai pu, avec l'aide du docteur Dupré, entreprendre de longues recherches sur la vitesse avec laquelle les corps cristalloïdes pénètrent dans les tissus organisés et sont ensuite éliminés. On pourra juger, par le tableau suivant, de la sensibilité de l'analyse spectrale. Elle relève pour le

Chlorate de soude..................	1/195	millionième de grain.
Carbonate de lithine..............	1/8	id.
Chlorure de strontium	1	id.
Chlorure de baryum................	1	id.
Chlorate de potasse................	1/65	millième de grain.
Chlorure de lithium	1/12	millionième de grain.
Chlorure de rubidium..............	1/16	millième de grain.
Chlorure de cæsium	1/125	id.

La soude se trouve partout, et dans tous nos aliments, de sorte qu'il était inutile de la rechercher dans la circulation et dans l'enveloppe, puisqu'elle y est nécessairement.

La lithine existe dans un grand nombre de corps d'origine végétale ou animale, selon le sol sur lequel ils ont vécu. Voici un tableau des substances où nous avons cherché la lithine :

Pommes de terre, on la trouve rarement.		
Pommes........	—	quelquefois.
Pain............	—	à l'état de traces.
Choux	—	en quantité appréciable.
Vins du Rhin....	—	toujours.
Vins de France..	—	en quantité appréciable.
Xérès	—	idem.
Porto.....	—	idem.
Thé.	—	traces légères.
Café...........	—	idem.
Ale............	—	idem.
Porter.........	—	idem.
Mouton.........	—	nulle.
Bœuf...........	—	idem.
Lait	—	idem.

(1) J'ai semé du cresson sur une feuille de papier, et, quand cette herbe a atteint la hauteur d'un pouce, j'ai humecté le papier d'une solution très-faible de chlorure de lithium : au bout de dix ou douze minutes, j'ai pu constater la présence du lithium dans les feuilles.

La présence de la lithine avait déjà été constatée da
substances suivantes :

Eau de mer.
Carbonate de soude.
Eau de source, quelquefois.
Cendres des bois de l'Odenwald.
Potasses de Russie et d'autres provenances.
Tabacs.
Feuilles de vigne et raisins.
Cendres des récoltes du Palatinat.
Lait d'animaux du Palatinat.
Cendres de sang et de muscles du corps humain.
Pierres météoriques.
Toutes les eaux potables de Londres.

Le spectre du lithium est tout à fait caractéristiq
fournit même presque des indications quantitatives, s
observe combien il faut brûler de la substance sur laq
on opère pour obtenir la réaction connue. La nécessité,
quelques cas, d'écarter avant la combustion certains
qui pourraient gêner l'effet du lithium, est aussi une i
tion précieuse. Ainsi on peut facilement établir les tr
grés qui suivent. On a le maximum de lithine, quand c
particule de la substance introduite dans la flamme pro
réaction du lithium ; la quantité de lithine est moindre
il est nécessaire de traiter par l'eau toute une lentille o
un organe, pour en séparer la lithine avant d'opérer la
bustion ; enfin, on n'a que des traces très-minimes, lo
faut successivement incinérer la substance, traiter les c
par l'acide sulfurique, faire évaporer l'excès d'acide ;
le résidu sec par l'alcool absolu, faire évaporer l'alcool,
mettre à l'expérience le résidu desséché. Nous pouvon
gner ces trois degrés par les termes : traces minimes,
et quantité appréciable.

Dès que des expériences faites sur l'homme et sur l
maux eurent montré que les quantités infinitésimales
bées avec la nourriture se retrouvent rarement dans l
loppe, nous entreprîmes de déterminer la vitesse avec la
le lithium passe de l'entonnoir dans la circulation du sa
de la circulation dans l'enveloppe ; nous voulions voir
s'il se retrouve dans les parties éloignées où il n'y a po
circulation, et surtout dans le cristallin.

Le tableau suivant donne le résultat des expériences
en introduisant de la lithine en petite quantité par
tonnoir.

Dans ces expériences, faites sur le cochon d'Inde, nous
cherché à constater la vitesse avec laquelle la lithine
dans la circulation, et aussi celle avec laquelle la mêm
stance passe de la circulation dans l'enveloppe.

1° Vitesse avec laquelle le chlorure de lithium passe dans les
en traversant l'estomac.

1 1/2 grain,	au bout de	3 jours,	se trouve partout en abondanc		
3	—	—	15 minutes,	partout, excepté dans le cri	
3	—	—	30	—	id. id.
3	—	—	30	—	traces dans le cristallin.
3	—	—	30	—	dans l'enveloppe du cristalli
3	—	—	60	—	id. id.
3	—	—	60	—	partout, excepté dans le cri

s au	bout	de 2 1/4	heures,	partout, et dans le cristallin.	
—	—	4	—	id.	id.
—	—	8	—	id.	id.
—	—	24	—	id.	id.
—	—	26	—	id.	id.
—	—	5 1/4	—	partout, excepté dans le cristallin.	

:es expériences il suit que trois grains de chlorure de m, absorbés à jeun, peuvent passer en un quart d'heure le cartilage de l'articulation coxale et dans l'humeur se de l'œil. Si l'on opère sur des cochons d'Inde très-; et très-petits, la même quantité de lithium peut arri-isqu'au cristallin en trente ou trente-deux minutes; chez un cochon plus âgé, le lithium ne pourra, dans le temps, arriver plus loin que les humeurs de l'œil. Si ıal était à jeun, au moment où il a absorbé le chlorure ium, la présence de cette substance peut, au bout d'une , être très-évidente dans l'enveloppe du cristallin et fai-nt manifestée dans l'intérieur; mais si l'estomac était le nourriture, une heure ne suffit pas au lithium pour lre le cristallin. Même au bout de deux heures et demie, ence du lithium peut être plus marquée dans l'enve-que dans l'intérieur du cristallin. Au bout de quatre , le lithium se trouvera dans toutes les parties du cris-mais sa présence sera encore plus manifeste dans les ırs de l'œil que dans le cristallin. Même au bout de ures, le centre du cristallin peut donner moins d'in-le la présence du corps introduit que la partie exté-Au bout de vingt-six heures, le lithium se trouve en rande quantité au centre du cristallin qu'à l'extérieur. u lieu d'introduire la lithine par l'estomac, on l'injecte peau, voici le résultat obtenu : Avec 3 grains de chlo-e lithium, au bout de vingt-quatre minutes, on recon-a présence du métal dans le cristallin et dans tous les ; au bout de dix minutes, on trouve très-peu de lithium e cristallin, et beaucoup partout ailleurs; au bout de minutes, pas de lithium dans le cristallin, mais beau-lans l'humeur aqueuse de l'œil et dans la bile. Avec un rain, au bout de cinq minutes, pas de lithium dans tallin, mais beaucoup dans l'humeur aqueuse et dans

s avoir ainsi montré qu'il faut au lithium de quatre à minutes pour pénétrer dans tous les tissus, quand il oduit par injection, et de quinze minutes à vingt-six quand il est introduit par l'estomac, il restait à déter-expérimentalement le nombre de jours après lequel le u absorbé cesse de manifester sa présence dans l'enve-Nous prenions ordinairement trois cochons d'Inde : au er nous n'administrions pas de lithium; aux deux au-ıus donnions une dose de lithium, et nous tuions le se-au bout de quelques heures, et le troisième plusieurs après. Voici le résultat de ces expériences :

esse avec laquelle le chlorure de lithium disparaît des tissus.

ains, au bout de 6 heures, donnent du lithium en abondance et .

ains, au bout de 6 jours, pas de trace dans l'extrait alcoolique s, du foie ou des cristallins.
ains, au bout de 4 jours, pas de trace dans le cristallin.
ain, au bout de 5 1/2 heures, petite quantité dans le cristallin.
ain, au bout de 3 jours, traces faibles dans le cristallin.

:es expériences, et d'autres encore, il résulte que, dans as, au bout de six jours, et dans un seul au bout de quatre deux grains de chlorure de lithium qui, en six heures, donnent du lithium dans tous les organes, cessent de manifester leur présence dans le cristallin, et que, même après trois jours, le lithium diminue très-probablement dans cet organe.

Après avoir ainsi clairement constaté le temps qu'il faut à une petite quantité de lithine pour pénétrer dans l'organisme et en sortir, j'ai pu, grâce à l'obligeance de mes amis MM. Bowman et Critchett, suivre la marche du lithium dans la partie de l'enveloppe qui, chez l'homme, est la plus éloignée de l'appareil de la circulation du sang. L'eau de lithine n'est nullement désagréable à boire; nous avons donc pu administrer dans plusieurs cas quelques minutes, quelques heures ou quelques jours avant l'opération de la cataracte, vingt grains de carbonate de lithine en dissolution.

Nous avions auparavant examiné avec le plus grand soin jusqu'à sept cataractes, afin de savoir si la lithine existait ou non dans l'organe malade : dans un seul cas seulement, il nous fut possible de constater l'existence de très-faibles traces de ce corps.

Le tableau suivant montre la vitesse avec laquelle le carbonate de lithine pénètre dans la cataracte et en sort.

25 minutes	avant l'opération,		pas de trace de lithium dans la cataracte.
2 1/2 heures		—	lithium dans l'ext. aqueux de la cataracte.
3 1/2	—	—	lithium dans les moindres parcelles.
4	—	—	idem.
4 1/4	—	—	idem.
4 1/2	—	—	idem.
5	—	(chez un vieillard)	idem.
5	—	—	idem.
7	—	—	idem.
4 jours	cataracte spontanée et molle; âge de 25 à 30.		traces de lithium dans l'extrait alcoolique des cendres.
7	—	avant l'opération,	traces de lithium nulles dans l'extr. alcoolique.
7	— et 5 h.	—	idem.
7	—	—	traces minimes dans l'extrait alcoolique.

Il résulte de ces expériences que, chez l'homme, vingt grains de carbonate de lithine introduits dans l'estomac sont arrivés, au bout de deux heures et demie, dans les moindres parties de l'enveloppe, et ont atteint les points les plus éloignés et en dehors du système de la circulatiom du sang, et que, au bout de trois heures et demie, la substance ingérée manifeste sa présence d'une manière encore plus évidente dans les moindres parcelles du cristallin.

Au bout de quatre jours, on retrouve encore le lithium dans toutes les particules du cristallin.

Au bout de cinq jours, le lithium commence bien évidemment à disparaître du cristallin, et au bout de sept, à peine peut-on en découvrir de très-faibles traces dans cet organe. L'expérience la plus frappante est celle que nous avons pu faire dans le cas d'une jeune fille qui avait deux cataractes molles. Elle prit vingt grains de carbonate de lithine, et lorsqu'au bout de sept heures un des cristallins fut extrait, les moindres particules de l'organe révélaient clairement la présence du lithium. L'autre cataracte ne fut opérée que sept jours après la première : il était alors impossible de découvrir la plus légère trace de lithium dans le cristallin.

Une longue série d'expériences sur l'expulsion du lithium par les voies éliminatoires, après son introduction par l'estomac, a donné des résultats presque identiques, et montré qu'après l'absorption de vingt grains de carbonate de lithine, le métal n'était entièrement éliminé qu'au bout de six, sept ou huit jours.

Ainsi, pour l'homme et pour les animaux, la loi est la même. Une seule dose de lithium traverse en quelques minutes tout l'appareil de la circulation, arrive dans tous les vaisseaux et toutes les parties du corps, et atteint même les points qui sont le plus éloignés de la circulation sanguine (1). La substance ingérée séjourne dans le corps pendant un temps bien plus long que celui qu'elle a pris pour pénétrer dans les tissus, probablement trois ou quatre jours, selon la quantité absorbée ; puis elle diminue, et enfin, au bout de six, sept ou huit jours, la quantité tout entière se trouve éliminée.

Chez les animaux, il est fort difficile de déterminer d'une manière exacte le temps nécessaire à l'élimination d'une seule dose, parce qu'une partie de la substance sort par transpiration et se porte sur les poils, et que ceux-ci, à leur tour, rendent à l'animal une partie du lithium qui était déjà parvenu jusqu'à l'enveloppe en traversant l'appareil de la circulation du sang, et avait été éliminé par la peau. Cette réabsorption peut se répéter à plusieurs reprises, de sorte que, même au bout de trente ou quarante jours, après avoir administré à des cochons d'Inde une dose de trois grains, on peut encore constater la présence d'un reste de lithium non éliminé.

Après avoir ainsi suivi la marche du lithium à son entrée dans le corps et à sa sortie, il reste à examiner cette question bien plus importante : — Que fait le lithium ou tout autre sel alcalin pendant son séjour dans le corps ? En d'autres termes, quelle est sur l'économie l'action des alcalis ? Comment agit un carbonate alcalin, à une température de 38 degrés centigr., en présence d'oxygène : 1° sur les acides organiques, 2° sur les hydrocarbures neutres, 3° sur les corps gras, 4° enfin sur les substances albumineuses ?

L'exemple le plus remarquable de l'action d'un alcali, quand un acide organique et de l'oxygène sont en présence, est la décomposition de l'acide pyrogallique. Ce vase contient de l'oxygène et de l'acide pyrogallique ; la réaction est nulle, et restera telle tant qu'on n'introduit pas d'alcali ; mais dès que j'ajoute de la potasse, l'action commence : l'acide pyrogallique est brûlé par l'oxygène, grâce à la présence de l'alcali. Des acides de degré inférieur, mais plus stables, sont produits, se combinent avec l'alcali, et laissent libre une certaine quantité d'acide carbonique. L'emploi d'un carbonate alcalin au lieu d'alcali caustique ne donnerait pas une réaction, à beaucoup près, aussi rapide ou aussi complète.

Le meilleur exemple de la décomposition d'un hydrocarbure neutre par l'oxygène en présence d'un alcali, est la réduction de l'oxyde de cuivre par le sucre. L'oxyde métallique fournit l'oxygène ; l'alcali aide à la formation de l'acide dans le sucre, et le fait sortir du sucre en décomposant cette substance neutre.

Les corps gras sont décomposés par un alcali en acide gras et glycérine, et l'acide est saponifié par l'alcali. De l'huile d'amandes amères, soumise à l'action d'oxygène ordinaire ou d'oxygène ozonisé, absorbe en deux heures 2 centimètres cubes de ce gaz ; en présence du carbonate de soude, la même substance absorbe, dans le même temps, 2,75 centimètres cubes. Si l'on mêle l'huile à une solution de potasse dans l'alcool, et qu'on chauffe, l'acide benzoïque se combine avec la potasse, et le tout se prend en une masse solide ;

(1) Après avoir administré sept grains de carbonate de lithine huit heures avant la délivrance, nous avons pu constater la présence du lithium dans toutes les particules du cordon ombilical.

l'alcali amène la combinaison de l'huile avec l'oxyg cette oxydation portée à ses dernières limites donner produits définitifs de l'acide carbonique et de l'eau.

L'action d'un alcali, en présence d'oxygène, sur stances albumineuses, à la température moyenne de 3 centigr., ou à des températures plus basses, n'a pas en étudiée. On sait depuis longtemps qu'à une températ vée, un alcali décompose entièrement la substance neuse, et donne de l'acide carbonique et de l'ammo avec une foule de combinaisons oxygénées moins bi nies ; les mêmes substances soumises à l'action de l'o à une température plus élevée, s'il n'y a pas d'alcali sence, donnent naissance à un plus petit nombre de intermédiaires, et à une plus grande quantité des naisons définitives, eau, acide carbonique et ammo qui sont les éléments constitutifs de l'albumine.

M. Béchamp avait annoncé que la réaction de l'acid ganique sur l'albumine donne de l'urée ; mais le obtenu s'est trouvé n'être que de l'acide benzoïqu probable que la créatine, l'acide urique, l'urée et l stances analogues ne seront obtenus des substances neuses que quand nous nous placerons dans les condit se trouvent les corps vivants, en opérant à une tempéra 38 degrés centigr., avec une solution de carbonate de de phosphate de soude basique suffisamment concentré présence d'oxygène, peut-être à l'état d'ozone.

Von Gorup Besanez (*Annales de Liebig*, vol. CX, p. CXXV, p. 207) a examiné l'action de l'ozone à la temp ordinaire, sur une foule de substances animales et vé mais le temps ne me permet d'en citer ici qu'un ou d exemples les plus remarquables.

Le sucre de canne ou de raisin, en présence de l ne subit aucune altération ; mais le sucre de raisin, à l'action de l'ozone en présence de potasse, de soude carbonate de soude, se combine entièrement avec l'o et se transforme en acide carbonique et acide formiq réaction est nulle toutes les fois qu'il n'y a point d'a présence. Sous l'influence de l'ozone et d'un alcali, l de canne se combine avec l'oxygène bien plus lentem le sucre de raisin.

L'oléine reste inerte en présence de l'ozone seul ; l'on y ajoute de la potasse ou du carbonate de soude, se combine immédiatement avec l'oxygène. L'oléine ponifiée, et la glycérine, sous l'influence de l'oxygène, s forme en acroléine, et donne pour produits définitifs de carbonique, de l'acide formique et de l'acide propi Dans les mêmes circonstances, l'acide oléique se tran bien plus lentement en acide formique et acide carbo

Ainsi l'action des alcalis, hors des corps vivants, sur férentes classes de substances dont ces corps se compos assez clairement établie. L'alcali, par son affinité po acides, détruit l'équilibre des éléments du corps or Sous l'influence de l'oxygène et de la chaleur, les sub neutres se transforment en acides plus ou moins com et si l'action de l'alcali est suffisamment prolongée, il à la fin que de l'acide carbonique, de l'eau et de l' niaque.

Les progrès de la thérapeutique dépendent probabl de la manière dont nous pourrons, à l'aide de ce qu savons de l'action des différents remèdes, en dehors d vivant, sur les éléments chimiques constitutifs de ce

uer l'action de ces mêmes remèdes sur les éléments des au dedans du corps.

s avons vu que la présence d'un alcali, en dehors ps, favorise l'action de l'oxygène. Pour un chimiste, il as douteux que la même action ne se produise dans les res parties des tissus en contact avec l'alcali. Ainsi les nates de lithine, de soude et de potasse, la chaux, la ésie, le rubidium, le cæsium, sont des agents indirects ation, qui augmentent l'action chimique dans les diffé- substances dont les tissus sont formés. Cette action que dépend, bien entendu, de la quantité des différents qui peuvent pénétrer dans les tissus; des différentes iétés des substances susceptibles de se combiner avec ène, qui se trouvent dans ces tissus; de la quantité et de gie plus ou moins grande de l'oxygène en présence; de pérature, et enfin du plus ou moins de facilité que pré- l'expulsion des produits de la combustion.

s avons pu constater que les chlorures de rubidium et sium suivent la même loi que le chlorure de lithium, -dire que ces substances pénètrent jusqu'au cristallin, l'analyse y révèle leur présence; mais les résultats bien moins évidents que pour le lithium, de sorte qu'il pas aussi facile de préciser le temps qu'il faut à ces rs chlorures pour pénétrer dans les tissus et pour en Il nous a fallu administrer à des cochons d'Inde vingt de chlorure de rubidium, et la même dose de chlorure ium, pour obtenir par l'analyse spectrale des traces de bstances dans le cristallin.

est pas douteux que nous n'arrivions à prouver que les végétaux aussi, s'ils ne sont arrêtés par le fluide alcalin iste dans la circulation, pénètrent dans toutes les par- es tissus; une fois là, ces acides doivent avoir une action fait contraire à celle des alcalis. En diminuant les pro- s alcalines des tissus, les acides végétaux doivent tendre ter la combinaison avec l'oxygène.

me l'amidon, le sucre et l'alcool peuvent être consi- comme devenant des acides végétaux dans les corps s, il y a là un vaste champ de recherches, car il n'est uteux que le sucre et l'alcool de nos aliments ne pas- u moins aussi vite que les alcalis dans les tissus de l'or- ne.

s ne saurions dire jusqu'à quel point les acides miné- peuvent pénétrer dans les tissus; il est même douteux y arrivent, quoique, en rendant le sang moins alcalin, vent indirectement rendre moins alcalin aussi le fluide nètre dans les tissus.

nt aux alcaloïdes, nous espérons pouvoir démontrer passent dans les tissus de la même manière, sinon avec me vitesse, que les alcalis. Leur mode d'action sur les nts éléments qui composent les tissus organisés n'a pas e été déterminé par la chimie. L'action des alcaloïdes s sucres, les matières grasses et l'albumine, ne paraît nent démontrée à priori. Il existe dans le cerveau et es nerfs une substance découverte par le docteur Oscar ich, et qu'il a nommée *protagone* ($C^{116}H^{241}N^{4}O^{2}Ph$). ise à l'action d'un alcali, elle donne de la neurine ^{3}N), de l'acide glycéro-phosphorique et un acide gras; e substance, dont $\frac{1}{10000}$ forme une gelée épaisse avec de peut être modifiée par l'alcaloïde, et donner ainsi une nce dont les propriétés physiques et chimiques sont bien différentes de celles du protagone dans son état primitif.

Même l'action de l'ammoniaque sur les différents tissus de l'organisme, n'a pas encore été bien définie. Dans les *Transactions phil.* (IIe partie, 1851, p. 409), j'ai montré qu'en passant de l'estomac dans le sang, ou lorsqu'elle est dans le sang, l'ammoniaque se combine en partie avec l'oxygène, et que la même combinaison a lieu si l'on prend de l'urée, et probablement quand de la caféine ou d'autres alcaloïdes passent dans le sang; mais l'action qui se produit dès que l'ammoniaque, l'urée ou les alcaloïdes entrent en contact avec les substances qui se trouvent dans les tissus, et la vitesse avec laquelle ces alcaloïdes s'y combinent avec l'oxygène, restent encore à déterminer. Le premier effet des alcaloïdes est d'augmenter l'action chimique. Mais les combinaisons définitives qui se produisent, et les altérations qu'amènent l'ammoniaque, l'urée et les alcaloïdes, ne sont pas encore connues. Nous ne savons même absolument rien sur les altérations que ces substances occasionnent dans les produits de la décomposition des tissus, pendant qu'elles sont elles-mêmes décomposées et éliminées.

Si l'on en juge d'après l'action des alcalis, il est fort probable que les alcaloïdes envahissent tous les tissus en quelques minutes, et ont une action proportionnée à leur affinité pour les différentes substances avec lesquelles ils se trouvent en contact. Si nous disposions de moyens d'analyse suffisants, nous trouverions sans doute que les alcaloïdes restent dans les tissus trois ou quatre jours, ou plus encore, et en général bien plus longtemps que ne le feraient croire les symptômes extérieurs, qui dépendent surtout d'un effet de contraste.

Enfin, nous avons prouvé que quelques sels métalliques pénètrent, comme le chlorure de lithium, dans tous les tissus du corps. Trois grains de sulfate de thallium arrivent en vingt-deux heures dans le cristallin, dans les cartilages, les nerfs, le foie et les reins. Il n'est peut-être pas certain que le thallium soit un métal; mais, à l'aide d'un appareil électrique fort sensible, nous avons pu vérifier le même fait pour le sulfate d'argent.

Nous avons fait prendre en douze jours à un cochon d'Inde un grain et quart de sulfate d'argent. Les cendres du foie, des reins et de l'estomac ont clairement indiqué la présence de l'argent. Avec les cendres de la bile, l'épreuve a été un peu moins décisive. Les cendres des cristallins n'ont donné que de très-légères traces d'argent, mais il y avait de l'argent. Les cendres du cerveau n'ont donné aucun indice de la présence du métal.

Ici encore s'ouvre un vaste champ de recherches. Quelle est l'action des sels métalliques sur l'eau, les sels, les hydrocarbures, les graisses, les substances albumineuses dont se compose chaque tissu? Quelle est l'influence des sels métalliques sur les actions d'oxydation et de nutrition qui se produisent dans les tissus? La faculté que possèdent les sels d'argent, de plomb, de mercure, etc., de former avec l'albumine des composés solubles ou insolubles, en dehors du corps, semble indiquer l'action de ces substances sur les substances albumineuses dans le corps même. Il peut se former avec l'albumine un composé qui arrête l'action de l'organe; ou le métal peut être réduit, ou former un sulfure, comme il arrive pour les sels d'argent, et la nouvelle substance, en se déposant dans les tissus et en y restant, rendra l'organe inutile, comme cela arrive pour les sels de plomb; ou bien encore le

sel métallique peut amener une modification chimique plus complète dans les tissus albumineux ou les substances avec lesquels il arrive directement en contact, et cette surexcitation peut être portée jusqu'au degré que nous nommons inflammation; les sels de mercure peuvent être pris comme exemples de ce dernier cas.

Quand on considère ainsi le passage rapide des substances cristalloïdes dans tous les tissus de l'organisme, on est surpris qu'au milieu de ces variations constantes, les différents organes puissent continuer leurs fonctions. D'un autre côté ces expériences prouvent que des substances telles que l'eau, l'alcool, le sel et le sucre, peuvent, avec l'aide de la circulation mécanique du sang, passer par endosmose et en quelques minutes dans toutes les parties de nos tissus; là ces substances doivent nécessairement jouer un rôle dans les changements physiques et dynamiques qui s'y produisent, rôle pour lequel il faut tenir compte, et de la quantité de la substance absorbée, et de ses propriétés chimiques, et du temps que dure l'action, et de toutes les circonstances accessoires.

Ainsi la circulation par endosmose prend une importance égale, sinon supérieure, à celle de la circulation plus mécanique du sang. Cette dernière, en effet, est presque nulle dans deux des grandes divisions du règne animal; et, chez l'homme même, elle manque entièrement pendant les premières semaines de la vie fœtale. De plus, dans la circulation chimique, nous pouvons reconnaître un lien entre les derniers degrés de l'échelle des végétaux et les degrés les plus élevés de l'échelle animale, puisque l'endosmose est la condition nécessaire de toute action chimique dans les deux règnes.

En résumé, j'ai tâché de démontrer ici que nous sommes fondés à croire qu'il existe en nous, outre la circulation mécanique ou physique du sang, une autre circulation plus considérable et plus correctement appelée chimique, qui a, sinon une identité complète, du moins de très-grandes analogies avec la circulation qu'on observe chez les animaux inférieurs et chez les végétaux. Par cette circulation, les substances passent continuellement de l'extérieur du corps dans le sang, du sang dans les tissus, et des tissus vont, soit dans les vaisseaux d'élimination, d'où elles retournent dans le sang, ou bien sont expulsées; soit dans les vaisseaux absorbants, qui les ramènent dans le sang, pour les faire passer de nouveau dans les tissus.

Cette circulation chimique nous conduit immédiatement à poser ces deux questions : 1° Les substances introduites par cette circulation agissent-elles comme elles le feraient hors du corps vivant, dans des conditions à peu près semblables, sur les différentes substances qu'elles rencontrent dans les tissus, soit pour former de nouveaux composés, soit pour décomposer les corps qui existent dans les tissus?

2° La force chimique, peut-être restée latente pendant des siècles dans les substances minérales et végétales, que l'alimentation ou la médication peut introduire dans cette circulation plus vaste, cette force peut-elle se manifester dans les tissus au point d'augmenter ou de diminuer les phénomènes d'oxydation, de mouvement, de sensation et d'accroissement qui constituent presque entièrement l'ensemble d'actions et de relations résumé en ces deux mots: — la vie animale?

H. BENCE JONES.

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

BULLETIN DES COURS

Collége de France

MÉCANIQUE CÉLESTE (les mardis et vendredis, à dix heures). —
RET (de l'Institut), traite de diverses questions relatives à la
des forces qui agissent en raison inverse du carré des distances.

MATHÉMATIQUES (les lundis et samedis, à dix heures). — M. Li
(de l'Institut de France et de la Société royale de Londres), tra
diverses questions d'analyse.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET MATHÉMATIQUE (les mardis et vendr
midi). — M. BERTRAND (de l'Institut), traitera des forces récip
au carré de la distance dans diverses théories physiques, et part
rement dans celles de l'électricité et du magnétisme.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET EXPÉRIMENTALE (les mercredis et vendr
dix heures et demie). — M. REGNAULT (de l'Institut de France e
Société royale de Londres), professeur. M. MASCART, suppléant, t
de l'analyse des différentes sources de lumière.

CHIMIE (les mercredis et samedis, à midi et demi). — M. BALA
l'Institut), traite de l'Analyse chimique.

CHIMIE ORGANIQUE (les mardis et vendredis, à une heure). — M
THELOT traitera des théories générales de la chimie organique,
cialement de la théorie des acides, les mardis; il exposera les mé
d'analyse les vendredis. Ce cours commence le vendredi 16 avril.

MÉDECINE (les mercredis et vendredis, à deux heures). — M.
BERNARD (de l'Académie française, de l'Académie des sciences d
et de la Société royale de Londres), traitera de la médcine expé
tale. Il reprendra son cours le mercredi 5 mai, et s'occupera p
lièrement du sang.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS (les mardis et sam
deux heures). — M. MAREY traitera du mécanisme du vol chez l
maux. Il reprendra son cours mardi prochain 20 avril.

EMBRYOGÉNIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à une heu
M. COSTE (de l'Institut), traitera de l'ensemble des phénomènes
animaux présentent dans leur développement. Il reprendra son
mardi prochain 20 avril.

HISTOIRE DE LA MÉDECINE (les mardis et vendredis, à midi). —
REMBERG exposera l'histoire des institutions médicales et des m
durant la première période du moyen âge. Il reprend son co
vendredi 16 avril.

Muséum d'histoire naturelle

MINÉRALOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à onze heure
M. *Delafosse* (de l'Institut), commencera ce cours le lundi 9 avril
à onze heures, dans l'amphithéâtre de la galerie de minéralo
Après avoir exposé les propriétés générales des minéraux et les
pes qui servent de base à leur classification, le professeur traite
ticulièrement cette année des substances non combustibles (oxy
sels); il s'attachera surtout à décrire les espèces les plus utiles
naître, parmi celles qu'on emploie en agriculture et dans l'indus
celles qui entrent dans la composition des roches.

BOTANIQUE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE (les mercredis et vendr
neuf heures et demie du matin). — M. *Adolphe Brongniart* (d
stitut de France et de la Société royale de Londres), commen
cours le mercredi 21 avril 1869. — Le cours de cette année
des végétaux cryptogames, de leur développement, de leur repro
et de leur classification, et des végétaux fossiles qui se rapportent
diverses familles. Une conférence pratique aura lieu chaque sema
mardi de trois à cinq heures, à dater du 4 mai; elle sera cons
l'étude des plantes qui auront fait l'objet des leçons précédentes.

Enseignement des sciences appliquées à l'agron

ZOOLOGIE (histoire physiologique et économique des mammi
des oiseaux). — M. MILNE EDWARDS (de l'Institut de France e
Société royale de Londres) commencera ce cours le mercredi 21
à trois heures et demie. Il le continuera les mercredis et vend
la même heure. — Dans cette partie du cours de zoologie, le pro
traitera principalement de la classification et de l'histoire parti
des mammifères et des oiseaux utiles ou nuisibles à l'agricultur

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈ

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IXIÈME ANNÉE NUMÉRO 21 24 AVRIL 1869

Paris, 23 avril 1869.

trouvera plus loin, au Bulletin des cours, les nouveaux ammes du Muséum d'histoire naturelle de Paris qui doit nais se proposer pour but l'Enseignement des sciences uées a l'agronomie. L'affiche collective que nous repro- is textuellement est la seconde, c'est-à-dire l'édition et corrigée que nous attendions samedi dernier. Elle fère de la première que par quelques changements es, la suppression du cours d'anthropologie de M. de fages et la substitution de M. Léon Vaillant à M. Al- Milne Edwards, comme répétiteur du cours de ne Edwards père. Comme la première, elle manque de ature du directeur du Muséum, M. Chevreul, et elle ne ucune autre signature : personne n'a cru devoir en ner la paternité. On verra que les annonces particulières aque cours, émanant des professeurs eux-mêmes, sont l'être toujours parfaitement d'accord avec les indications fiche collective.

s disions samedi dernier que le nouveau programme lait à la suppression du Muséum comme établissement fique; la répartition du temps des élèves agronomes, vient d'y ajouter, tend à lui substituer un véritable d'agronomie. Dès le commencement de cette semaine, istère de l'instruction publique avait déjà fait venir, de de Cluny, une vingtaine d'élèves dits agronomes, qu'il pose d'entretenir à Paris pour former l'École du Mu- On les loge au *Lycée de Vanves* dans les chambres des s d'études, c'est-à-dire à plusieurs lieues des cours doivent suivre.

devient l'enseignement du Muséum dans ces conditions lles? S'il reste ce qu'il devrait être, — l'examen des plus s questions de la science théorique, l'instrument de ses ès successifs, — les élèves agronomes ne le comprendront n'en ont pas besoin. S'il descend au niveau de l'audi- qu'on lui envoie, il n'est plus que la contre-partie du rvatoire des arts et métiers : l'un enseignant les appli- s de la science aux arts et à l'industrie, l'autre ses ap- ions à l'agriculture. Quant à la science elle-même, elle nserve plus aucune place dans les cours, puisque les ammes consacrent toutes les leçons aux élèves agro- s.

ne sont pas les bonnes intentions qui manquent au ère de l'Instruction publique; mais il ne peut tout ître et il doit consulter sur chaque question des nes qui ont une compétence *officielle* pour en parler; eureusement, on n'entend d'abord que ceux qui aiment à se produire, — ce ne sont pas toujours les meilleurs, — et il peut se faire que leur avis, au lieu d'être dicté par de pures considérations scientifiques, s'inspire des intérêts de leur position et de leur influence personnelle, ou même des conseils de leur faiblesse. C'est là qu'est la responsabilité véritable des mesures promulguées par le ministère.

Il y a environ dix-huit mois, M. Fremy proposa, dans l'assemblée des professeurs du Muséum, d'en faire l'École polytechnique de l'agriculture. M. de Quatrefages protesta énergiquement contre cette répudiation de la science, M. Blanchard s'associa à lui ; quant à M. Milne Edwards, il ne crut pas devoir soutenir ce jour-là l'initiative de M. Fremy. Mais l'idée, portée au ministère, y subit une évolution rapide dont nous ne pouvons évidemment exposer ici tous les détails. Il y a quelques semaines, les professeurs du Muséum étaient convoqués au ministère, et M. Milne Edwards s'y trouvait avant eux, sans doute pour préparer leurs délibérations. La semaine dernière on placarde l'affiche agronomique, qui n'émane pas de l'administration du Muséum. M. Milne Edwards avait saisi cette occasion d'introduire la physiologie dans le titre de son cours, comme il l'avait fait déjà pour l'école pratique des hautes études. C'est lui encore qui fait arracher l'affiche, en l'accusant d'inexactitudes, et sans doute qui la rectifie pour la seconde édition.

Ce qu'il y a de curieux, c'est qu'au moment même où l'on supprimait, dans cette seconde édition, le cours d'anthropologie, M. de Quatrefages se résignait enfin à participer au nouvel enseignement. Il semble que l'anthropologie n'ait rien à faire avec l'agriculture, à moins qu'on ne veuille introduire des coolies chinois pour cultiver l'Algérie ; aussi proposait-on à M. de Quatrefages d'enseigner l'hygiène sous prétexte qu'il est docteur en médecine : il a naturellement refusé; mais il parlera des races animales.

Les innovations introduites au Muséum auront peut être une conséquence à laquelle le ministère de l'Instruction publique n'a certainement pas songé. Le ministre de l'agriculture vient de promettre au Corps législatif, pour l'année prochaine, la création à Paris d'une école d'agronomie : les nouveaux programmes assignant ce rôle au Muséum, ne trouvera-t-on pas tout naturel d'éviter un double emploi et une nouvelle dépense en le transférant au ministère de l'agriculture? Le Muséum y perdrait sans doute, d'une manière définitive, l'enseignement des sciences théoriques; mais il y gagnerait peut-être au point de vue des laboratoires et des collections, car on sait que les écoles dépendant du ministère de l'Instruction publique sont toujours beaucoup moins richement dotées que celles qui se rattachent aux autres ministères.

CONFÉRENCES DE HEIDELBERG

M. H. HELMHOLTZ
de la Société royale de Londres

Des progrès récents dans la théorie de la vision

II

EXCITATION ET TRANSMISSION DES SENSATIONS LUMINEUSES DANS L'ŒIL

Dans la première partie de notre exposition (1), nous avons suivi la marche des rayons lumineux jusqu'à la rétine, et nous avons vu comment la disposition particulière de l'appareil optique a pour effet de réunir en des points isolés de la rétine la lumière qui provient de points lumineux isolés, de telle sorte que chaque point du monde extérieur n'excite qu'un seul appareil nerveux terminal. La physiologie ancienne n'avait pas cru devoir chercher au delà. La lumière extérieure atteignant la substance nerveuse sensible, on admettait qu'elle était sentie directement.

Pendant le dernier siècle, et surtout pendant le premier quart de celui-ci, la connaissance des phénomènes du système nerveux a fait de tels progrès, que, dès 1826, Jean Müller, alors à Bonn et qui vint plus tard à Berlin, put écrire son mémoire sur la physiologie comparée du sens de la vue, ouvrage qui a fait époque dans la science et où il a posé les principes sur lesquels repose essentiellement l'étude des sensations. Non-seulement ces principes ont été confirmés, quant aux points essentiels, par les recherches ultérieures, mais leur portée s'est trouvée plus grande que le célèbre physiologiste berlinois ne pouvait le supposer d'après les faits que l'on connaissait à cette époque. Les propositions de J. Müller sont citées partout sous le titre de *lois des énergies spécifiques des sens*. Ces propositions ne sont donc ni assez nouvelles, ni assez inconnues pour qu'il soit nécessaire d'en parler à propos des progrès nouveaux de la théorie de la vision, d'autant plus qu'elles ont été rappelées souvent, aussi bien par d'autres que par moi-même (2). Cependant, comme toute la partie de la théorie de la vision qui nous occupe actuellement n'est guère autre chose qu'un développement et une conséquence de la théorie des énergies spécifiques des sens, je demanderai la permission de répéter ici plusieurs choses connues, pour pouvoir établir un lien entre ce que j'ai à dire de nouveau et ce que vous savez déjà.

Toutes nos perceptions du monde extérieur reposent sur ce que certaines modifications produites dans nos sens par les impressions que leur causent les objets extérieurs sont conduites au cerveau par les nerfs; c'est alors seulement que nous en avons conscience et qu'elles se combinent de manière à fournir des représentations des objets. Si nous coupons le nerf conducteur de manière à intercepter le chemin par lequel l'impression se rend au cerveau, la sensation et la perception cessent immédiatement. Pour l'œil, la preuve que la perception ne réside pas immédiatement dans les deux rétines,
mais qu'elle se forme dans le cerveau, et moyenna
pressions que les rétines envoient à cet organe,
fournie par ce fait que la représentation du relief ne
nous le démontrerons plus tard, qu'à l'aide de la co
et de la fusion des impressions reçues par les deux y

Ainsi, ce que nous percevons immédiatement n'
l'influence de l'agent extérieur sur les extrémit
nerfs, mais toujours une modification transmise p
c'est à cette modification que nous donnons le nom
tion ou d'*irritation*.

Or, d'après tous les faits aujourd'hui connus, les f
veuses paraissent présenter toutes la même structu
modification à laquelle nous donnons le nom d'
se comporte d'une manière identique dans toutes,
grande variété des fonctions remplies par les nerfs.
leur seul rôle n'est pas d'amener au cerveau les s
des organes extérieurs : d'autres conduisent les in
volontaires du cerveau aux muscles, dont la co
met alors les membres en mouvement; d'autres fo
l'action du cerveau à certaines glandes dont elles ex
sécrétions, ou au cœur et aux vaisseaux, pour régler
lation du sang, etc. Cependant les fibres de ces nerfs so
des filets cylindriques pareils, d'une finesse micros
transparents comme le verre, comprenant tous un mê
tenu, analogue en partie à l'huile et en partie au blan
Si ces filets offrent des différences dans leur diamètre
paraît se rattacher qu'à des circonstances d'une im
secondaire, telles que la question de solidité, ou la n
de l'existence d'un nombre convenable de conduit
pendantes, sans que l'épaisseur soit essentiellement
port avec la variété des fonctions. Toutes ces fibres
mêmes propriétés électromotrices, comme le démont
taines recherches, principalement celles de M. E.
Reymond; dans toutes, l'état d'excitation peut s'obt
les mêmes changements mécaniques, électriques, ch
ou calorifiques, et sa propagation se fait dans l'un e
sens avec une même rapidité, d'environ cent pieds
conde, et produit alors les mêmes modifications dans l
priétés électromotrices. Toutes les fibres, enfin, meu
suite des mêmes conditions, et la coagulation de leur
ne paraît varier un peu qu'en raison de leur épaisseu
mot, sauf les actions des autres organes du corps avec
ils sont en rapport et où l'effet de leur excitation se m
pendant la vie, tout ce qui est vrai pour un nerf est abs
applicable à tous les autres. Bien plus, tout récemme
physiologistes français, MM. Phélipeaux et Vulpian, ap
coupé le nerf sensible et le nerf moteur de la lan
réussi à faire souder la moitié supérieure du nerf
avec le bout inférieur du nerf moteur. L'excitation d
tie supérieure, qui, dans les conditions normales, pro
sensation, fut rapportée alors au nerf moteur et a
musculaires qu'il anime, et se manifesta sous la form
tation motrice.

Nous tirons de là cette conclusion, que la diversité
produits par l'excitation des différents troncs nerveux
uniquement de la diversité des organes correspon
auxquels le nerf reporte son état d'excitation.

On a souvent comparé les filets nerveux avec les
réseau télégraphique, et en effet cette comparaison e
mement bien choisie pour faire ressortir une
importante et remarquable de ces filets. Dans

(1) Voyez ci-dessus, page 210, numéro du 6 mars 1869.

(2) Ueber die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen, in *Kœnigsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen*, Bd. III, 1852. — *Ueber das Sehen des Menschen, ein populär wissenschaftlicher Vortrag von H. Helmholtz, Leipzig, 1855.*

u réseau télégraphique, les mêmes fils de cuivre et nduisent la même espèce de mouvement, le courant e, et pourtant on voit se produire les effets les plus ıx différentes stations, selon les appareils où les fils nt. Tantôt c'est une cloche qui sonne, tantôt un télé- cadran, à impression ou à décomposition chimique, et à fonctionner. Les secousses que le courant élec- onne à nos membres peuvent également servir de télégraphiques, et lors de la pose du câble trans- e, M. W. Thomson trouva que les signaux les plus euvent être reconnus par la sensation du goût qui t en posant les fils sur la langue. Dans d'autres cas, ployons des fils télégraphiques pour faire sauter des 'aide de forts courants électriques. En un mot, un aphique se rendant en un point quelconque peut eu à chacun de ces effets si innombrablement variés courants électriques sont capables de produire, et, diversité de l'effet, c'est toujours la même chose sse dans le fil.

précède est bien propre à montrer que *lorsque les changent, les mêmes causes peuvent produire des effets* . Quelque banale que puisse paraître cette proposition, u'à la longue et après de grands efforts qu'on est à la formuler et à rejeter l'adage d'après lequel les raient homogènes à leurs effets. C'est à peine si l'on endre que l'application de cette proposition nous soit itement familière : précisément, dans le sujet qui upe, la résistance à admettre les conséquences de osition a duré jusque dans ces tout derniers temps. que l'excitation des nerfs qui se rendent aux mus- x glandes produit des mouvements ou des sécré- e des nerfs sensibles produit des sensations. Mais s des espèces de sensation très-différentes. Avant ensations relatives à des objets du monde extérieur sent en cinq groupes complétement indépendants. es répondent aux cinq sens, dont la différence est si i'il est impossible de faire une comparaison qualita- une sensation de lumière et une autre sensation, tique, soit olfactive. Nous nommerons différence *té* cette différence, bien plus profonde que celle des qualités comparables; l'expression de diffé- *litatives* nous servira au contraire pour désigner les entre les sensations appartenant au même sens, par exemple, la différence entre les différentes colorées.

ation d'un tronc nerveux produit un mouvement , une sécrétion ou une sensation, c'est ce qui dé- uement de la nature musculaire, glandulaire ou e l'organe auquel aboutit le nerf auquel on s'est effet ne dépend aucunement de l'espèce d'excitation secousse électrique, tiraillement, section, irritation act d'une dissolution de sel marin ou cautérisation e. Nous savons de même,— et c'est l'immense pro- ean Müller a fait faire à nos connaissances, — que s irritons un nerf sensible, la modalité lumineuse, , tactile, olfactive ou gustative, ne dépend spèce d'irritation, mais uniquement du sen le nerf irrité.

ns cette théorie au r ne. D'ab aucune espèce d'action rtie l'œil et son nerf optiq

de sensation lumineuse. Nous nous permettrons de révoquer en doute les histoires de somnambules, qui sont seules en contradiction avec cette assertion. D'autre part, la lumière extérieure n'a pas le privilége exclusif de produire une sensation lumineuse dans l'œil; tout ce qui peut irriter un nerf peut produire cette sensation. Les courants électriques les plus faibles, conduits à travers l'œil, produisent des éclairs de lumière. Un choc, ou même une pression légère exercée par l'ongle sur la partie latérale de l'œil, produisent, dans l'obscurité la plus complète, des sensations lumineuses qui, dans des conditions favorables, peuvent atteindre une assez grande intensité. Il faut bien remarquer que dans cette expérience il ne se développe pas de lumière objective dans la rétine, comme le supposaient certains physiologistes. Car la sensation lumineuse peut être assez intense pour que l'éclairage de la rétine, nécessaire pour la production de cette sensation, dût être facilement perceptible pour un second observateur qui regarderait dans la pupille du premier, si la sensation était vraiment la conséquence d'une production de lumière dans la rétine. Or, on ne voit rien de pareil. Une pression ou un courant électrique irritent le nerf optique, et, conformément à la loi de Müller, il en résulte une sensation lumineuse; mais, du moins dans les conditions de l'expérience, ils sont incapables de produire la moindre trace de lumière objective.

De même une congestion, la modification de composition du sang que peuvent produire certains états fébriles, ou l'ingestion de substances enivrantes ou narcotiques, peuvent produire, dans l'appareil nerveux visuel, des sensations lumineuses auxquelles ne répond aucune lumière extérieure. De plus, dans des cas d'absence complète d'un œil par suite d'une blessure ou d'une opération, la compression exercée par la cicatrice sur le tronçon nerveux peut encore produire des sensations de lumière fantastiques.

De ce qui précède, il résulte d'abord que la modalité particulière par laquelle la sensation lumineuse se distingue de toutes les autres ne réside pas dans des qualités particulières à la lumière extérieure, auxquelles cette sensation pourrait répondre, mais que loin de là, tout ce qui peut irriter le nerf optique entraîne une sensation tellement pareille à celle produite par la lumière extérieure, que les personnes ignorantes de la loi de ce phénomène croient facilement à la présence d'une véritable lumière objective.

La lumière extérieure ne produit donc, sur le nerf optique, rien autre que ce que peuvent produire des agents de tout autre nature. Sous un seul rapport, la lumière est favorisée en comparaison des autres moyens d'excitation : le nerf optique, situé à l'arrière du globe oculaire, au fond de la cavité osseuse de l'orbite, est presque entièrement soustrait à l'influence de tous les autres moyens d'excitation, qui ne l'atteignent qu'exceptionnellement, tandis que les rayons lumineux peuvent toujours lui arriver sans obstacle, en traversant les milieux transparents de l'œil. D'autre part, grâce aux cônes et aux bâtonnets, ces organes terminaux de ses fibres, le nerf optique est infiniment plus sensible pour les rayons de lumière que ne le sont tous les autres appareils nerveux du corps, lesquels ne sentent les rayons de lumière que lorsque ces rayons sont suffisamment concentrés pour produire une augmentation sensible de température.

Cette circonstance explique comment l'excitation de l'ap- il nerveux oculaire est devenue pour nous le signe sensuel ire qui décèle l de lumière dans le champ

CONFÉRENCES DE HEIDELBERG

M. H. HELMHOLTZ
de la Société royale de Londres

Des progrès récents dans la théorie de la vision

II

EXCITATION ET TRANSMISSION DES SENSATIONS LUMINEUSES DANS L'ŒIL

Dans la première partie de notre exposition (1), nous avons suivi la marche des rayons lumineux jusqu'à la rétine, et nous avons vu comment la disposition particulière de l'appareil optique a pour effet de réunir en des points isolés de la rétine la lumière qui provient de points lumineux isolés, de telle sorte que chaque point du monde extérieur n'excite qu'un seul appareil nerveux terminal. La physiologie ancienne n'avait pas cru devoir chercher au delà. La lumière extérieure atteignant la substance nerveuse sensible, on admettait qu'elle était sentie directement.

Pendant le dernier siècle, et surtout pendant le premier quart de celui-ci, la connaissance des phénomènes du système nerveux a fait de tels progrès, que, dès 1826, Jean Müller, alors à Bonn et qui vint plus tard à Berlin, put écrire son mémoire sur la physiologie comparée du sens de la vue, ouvrage qui a fait époque dans la science et où il a posé les principes sur lesquels repose essentiellement l'étude des sensations. Non-seulement ces principes ont été confirmés, quant aux points essentiels, par les recherches ultérieures, mais leur portée s'est trouvée plus grande que le célèbre physiologiste berlinois ne pouvait le supposer d'après les faits que l'on connaissait à cette époque. Les propositions de J. Müller sont citées partout sous le titre de *lois des énergies spécifiques des sens*. Ces propositions ne sont donc ni assez nouvelles, ni assez inconnues pour qu'il soit nécessaire d'en parler à propos des progrès nouveaux de la théorie de la vision, d'autant plus qu'elles ont été rappelées souvent, aussi bien par d'autres que par moi-même (2). Cependant, comme toute la partie de la théorie de la vision qui nous occupe actuellement n'est guère autre chose qu'un développement et une conséquence de la théorie des énergies spécifiques des sens, je demanderai la permission de répéter ici plusieurs choses connues, pour pouvoir établir un lien entre ce que j'ai à dire de nouveau et ce que vous savez déjà.

Toutes nos perceptions du monde extérieur reposent sur ce que certaines modifications produites dans nos sens par les impressions que leur causent les objets extérieurs sont conduites au cerveau par les nerfs; c'est alors seulement que nous en avons conscience et qu'elles se combinent de manière à fournir des représentations des objets. Si nous coupons le nerf conducteur de manière à intercepter le chemin par lequel l'impression se rend au cerveau, la sensation et la perception cessent immédiatement. Pour l'œil, la preuve que la perception ne réside pas immédiatement dans les deux rétines, mais qu'elle se forme dans le cerveau, et moyenna[nt les im]pressions que les rétines envoient à cet organe, [est] fournie par ce fait que la représentation du relief ne [se forme, comme] nous le démontrerons plus tard, qu'à l'aide de la co[mbinaison] et de la fusion des impressions reçues par les deux y[eux].

Ainsi, ce que nous percevons immédiatement n'[est pas] l'influence de l'agent extérieur sur les extrémit[és des] nerfs, mais toujours une modification transmise p[ar eux;] c'est à cette modification que nous donnons le nom [d'excita]*tion* ou d'*irritation*.

Or, d'après tous les faits aujourd'hui connus, les fi[bres ner]veuses paraissent présenter toutes la même structu[re, et la] modification à laquelle nous donnons le nom d'[excitation] se comporte d'une manière identique dans toutes, [malgré la] grande variété des fonctions remplies par les nerfs. [Car] leur seul rôle n'est pas d'amener au cerveau les s[ensations] des organes extérieurs : d'autres conduisent les i[mpulsions] volontaires du cerveau aux muscles, dont la co[ntraction] met alors les membres en mouvement; d'autres fo[nt arriver] l'action du cerveau à certaines glandes dont elles ex[citent les] sécrétions, ou au cœur et aux vaisseaux, pour régler [la circu]lation du sang, etc. Cependant les fibres de ces nerfs so[nt toutes] des filets cylindriques pareils, d'une finesse micros[copique,] transparents comme le verre, comprenant tous un mé[lange con]tenu, analogue en partie à l'huile et en partie au blan[c d'œuf.] Si ces filets offrent des différences dans leur diamètre[, cela ne] paraît se rattacher qu'à des circonstances d'une im[portance] secondaire, telles que la question de solidité, ou la [nécessité] de l'existence d'un nombre convenable de conduit[s indé]pendantes, sans que l'épaisseur soit essentiellemen[t en rap]port avec la variété des fonctions. Toutes ces fibres [ont les] mêmes propriétés électromotrices, comme le démontr[ent cer]taines recherches, principalement celles de M. E. [du Bois-]Reymond; dans toutes, l'état d'excitation peut s'obt[enir par] les mêmes changements mécaniques, électriques, ch[imiques] ou calorifiques, et sa propagation se fait dans l'un e[t l'autre] sens avec une même rapidité, d'environ cent pieds [par se]conde, et produit alors les mêmes modifications dans l[es pro]priétés électromotrices. Toutes les fibres, enfin, meu[rent à la] suite des mêmes conditions, et la coagulation de leur [contenu] ne paraît varier un peu qu'en raison de leur épaisseu[r. En un] mot, sauf les actions des autres organes du corps avec [lesquels] ils sont en rapport et où l'effet de leur excitation se m[anifeste] pendant la vie, tout ce qui est vrai pour un nerf est abs[olument] applicable à tous les autres. Bien plus, tout récemme[nt deux] physiologistes français, MM. Phélipeaux et Vulpian, ap[rès avoir] coupé le nerf sensible et le nerf moteur de la lan[gue, ont] réussi à faire souder la moitié supérieure du nerf [sensible] avec le bout inférieur du nerf moteur. L'excitation d[e la par]tie supérieure, qui, dans les conditions normales, pro[duit une] sensation, fut rapportée alors au nerf moteur et a[ux fibres] musculaires qu'il anime, et se manifesta sous la form[e de contrac]tation motrice.

Nous tirons de là cette conclusion, que la diversité d[es effets] produits par l'excitation des différents troncs nerveux [dépend] uniquement de la diversité des organes correspon[dants] auxquels le nerf reporte son état d'excitation.

On a souvent comparé les filets nerveux avec les [fils d'un] réseau télégraphique, et en effet cette comparaison e[st extrê]mement bien choisie pour faire ressortir une parti[cularité] importante et remarquable de ces filets. Dans les

(1) Voyez ci-dessus, page 210, numéro du 6 mars 1869.
(2) Ueber die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen, in *Kœnigsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen*, Bd. III, 1852. — Ueber das Sehen des Menschen, ein populär wissenschaftlicher Vortrag von H. Helmholtz. Leipzig, 1855.

réseau télégraphique, les mêmes fils de cuivre et duisent la même espèce de mouvement, le courant , et pourtant on voit se produire les effets les plus différentes stations, selon les appareils où les fils t. Tantôt c'est une cloche qui sonne, tantôt un télé-cadran, à impression ou à décomposition chimique, t à fonctionner. Les secousses que le courant élec-nne à nos membres peuvent également servir de élégraphiques, et lors de la pose du câble trans-, M. W. Thomson trouva que les signaux les plus uvent être reconnus par la sensation du goût qui en posant les fils sur la langue. Dans d'autres cas, loyons des fils télégraphiques pour faire sauter des aide de forts courants électriques. En un mot, un ph'que se rendant en un point quelconque peut u à chacun de ces effets si innombrablement variés ourants électriques sont capables de produire, et, diversité de l'effet, c'est toujours la même chose se dans le fil.

récède est bien propre à montrer que *lorsque les changent, les mêmes causes peuvent produire des effets* Quelque banale que puisse paraître cette proposition, 'à la longue et après de grands efforts qu'on est la formuler et à rejeter l'adage d'après lequel les aient homogènes à leurs effets. C'est à peine si l'on ndre que l'application de cette proposition nous soit ement familière : précisément, dans le sujet qui pe, la résistance à admettre les conséquences de sition a duré jusque dans ces tout derniers temps. ue l'excitation des nerfs qui se rendent aux mus-glandes produit des mouvements ou des sécré-des nerfs sensibles produit des sensations. Mais des espèces de sensation très-différentes. Avant nsations relatives à des objets du monde extérieur ent en cinq groupes complétement indépendants. répondent aux cinq sens, dont la différence est si 'il est impossible de faire une comparaison qualita-une sensation de lumière et une autre sensation, ique, soit olfactive. Nous nommerons différence cette différence, bien plus profonde que celle des qualités comparables; l'expression de diffé-*itatives* nous servira au contraire pour désigner les entre les sensations appartenant au même sens, par exemple, la différence entre les différentes olorées.

tion d'un tronc nerveux produit un mouvement une sécrétion ou une sensation, c'est ce qui dé-ement de la nature musculaire, glandulaire ou l'organe auquel aboutit le nerf auquel on s'est fet ne dépend aucunement de l'espèce d'excitation ecousse électrique, tiraillement, section, irritation et d'une dissolution de sel marin ou cautérisation . Nous savons de même,— et c'est l'immense pro-n Müller a fait faire à nos connaissances, — que irritons un nerf sensible, la modalité lumineuse, tactile, olfactive ou gustative, ne dépend aucune-pèce d'irritation, mais uniquement du sens auquel nerf irrité.

s cette théorie au nerf optique. D'abord nous cune espèce d'action sur aucune partie du corps œil et son nerf optique ne peut jamais produire de sensation lumineuse. Nous nous permettrons de révoquer en doute les histoires de somnambules, qui sont seules en contradiction avec cette assertion. D'autre part, la lumière extérieure n'a pas le privilége exclusif de produire une sensation lumineuse dans l'œil; tout ce qui peut irriter un nerf peut produire cette sensation. Les courants électriques les plus faibles, conduits à travers l'œil, produisent des éclairs de lumière. Un choc, ou même une pression légère exercée par l'ongle sur la partie latérale de l'œil, produisent, dans l'obscurité la plus complète, des sensations lumineuses qui, dans des conditions favorables, peuvent atteindre une assez grande intensité. Il faut bien remarquer que dans cette expérience il ne se développe pas de lumière objective dans la rétine, comme le supposaient certains physiologistes. Car la sensation lumineuse peut être assez intense pour que l'éclairage de la rétine, nécessaire pour la production de cette sensation, dût être facilement perceptible pour un second observateur qui regarderait dans la pupille du premier, si la sensation était vraiment la conséquence d'une production de lumière dans la rétine. Or, on ne voit rien de pareil. Une pression ou un courant électrique irritent le nerf optique, et, conformément à la loi de Müller, il en résulte une sensation lumineuse; mais, du moins dans les conditions de l'expérience, ils sont incapables de produire la moindre trace de lumière objective.

De même une congestion, la modification de composition du sang que peuvent produire certains états fébriles, ou l'ingestion de substances enivrantes ou narcotiques, peuvent produire, dans l'appareil nerveux visuel, des sensations lumineuses auxquelles ne répond aucune lumière extérieure. De plus, dans des cas d'absence complète d'un œil par suite d'une blessure ou d'une opération, la compression exercée par la cicatrice sur le tronçon nerveux peut encore produire des sensations de lumière fantastiques.

De ce qui précède, il résulte d'abord que la modalité particulière par laquelle la sensation lumineuse se distingue de toutes les autres ne réside pas dans des qualités particulières à la lumière extérieure, auxquelles cette sensation pourrait répondre, mais que loin de là, tout ce qui peut irriter le nerf optique entraîne une sensation tellement pareille à celle produite par la lumière extérieure, que les personnes ignorantes de la loi de ce phénomène croient facilement à la présence d'une véritable lumière objective.

La lumière extérieure ne produit donc, sur le nerf optique, rien autre que ce que peuvent produire des agents de tout autre nature. Sous un seul rapport, la lumière est favorisée en comparaison des autres moyens d'excitation : le nerf optique, situé à l'arrière du globe oculaire, au fond de la cavité osseuse de l'orbite, est presque entièrement soustrait à l'influence de tous les autres moyens d'excitation, qui ne l'atteignent qu'exceptionnellement, tandis que les rayons lumineux peuvent toujours lui arriver sans obstacle, en traversant les milieux transparents de l'œil. D'autre part, grâce aux cônes et aux bâtonnets, ces organes terminaux de ses fibres, le nerf optique est infiniment plus sensible pour les rayons de lumière que ne le sont tous les autres appareils nerveux du corps, lesquels ne sentent les rayons de lumière que lorsque ces rayons sont suffisamment concentrés pour produire une augmentation sensible de température.

Cette circonstance explique comment l'excitation de l'appareil nerveux oculaire est devenue pour nous *le signe sensuel* ordinaire qui décèle la présence de lumière *dans le che*

CONFÉRENCES DE HEIDELBERG

M. H. HELMHOLTZ
de la Société royale de Londres

Des progrès récents dans la théorie de la vision

II

EXCITATION ET TRANSMISSION DES SENSATIONS LUMINEUSES DANS L'ŒIL

Dans la première partie de notre exposition (1), nous avons suivi la marche des rayons lumineux jusqu'à la rétine, et nous avons vu comment la disposition particulière de l'appareil optique a pour effet de réunir en des points isolés de la rétine la lumière qui provient de points lumineux isolés, de telle sorte que chaque point du monde extérieur n'excite qu'un seul appareil nerveux terminal. La physiologie ancienne n'avait pas cru devoir chercher au delà. La lumière extérieure atteignant la substance nerveuse sensible, on admettait qu'elle était sentie directement.

Pendant le dernier siècle, et surtout pendant le premier quart de celui-ci, la connaissance des phénomènes du système nerveux a fait de tels progrès, que, dès 1826, Jean Müller, alors à Bonn et qui vint plus tard à Berlin, put écrire son mémoire sur la physiologie comparée du sens de la vue, ouvrage qui a fait époque dans la science et où il a posé les principes sur lesquels repose essentiellement l'étude des sensations. Non-seulement ces principes ont été confirmés, quant aux points essentiels, par les recherches ultérieures, mais leur portée s'est trouvée plus grande que le célèbre physiologiste berlinois ne pouvait le supposer d'après les faits que l'on connaissait à cette époque. Les propositions de J. Müller sont citées partout sous le titre de *lois des énergies spécifiques des sens*. Ces propositions ne sont donc ni assez nouvelles, ni assez inconnues pour qu'il soit nécessaire d'en parler à propos des progrès nouveaux de la théorie de la vision, d'autant plus qu'elles ont été rappelées souvent, aussi bien par d'autres que par moi-même (2). Cependant, comme toute la partie de la théorie de la vision qui nous occupe actuellement n'est guère autre chose qu'un développement et une conséquence de la théorie des énergies spécifiques des sens, je demanderai la permission de répéter ici plusieurs choses connues, pour pouvoir établir un lien entre ce que j'ai à dire de nouveau et ce que vous savez déjà.

Toutes nos perceptions du monde extérieur reposent sur ce que certaines modifications produites dans nos sens par les impressions que leur causent les objets extérieurs sont conduites au cerveau par les nerfs; c'est alors seulement que nous en avons conscience et qu'elles se combinent de manière à fournir des représentations des objets. Si nous coupons le nerf conducteur de manière à intercepter le chemin par lequel l'impression se rend au cerveau, la sensation et la perception cessent immédiatement. Pour l'œil, la preuve que la perception ne réside pas immédiatement dans les deux rétines, mais qu'elle se forme dans le cerveau, et moyennant pressions que les rétines envoient à cet organe, n fournie par ce fait que la représentation du relief ne s'o nous le démontrerons plus tard, qu'à l'aide de la combi et de la fusion des impressions reçues par les deux yeu

Ainsi, ce que nous percevons immédiatement n'est l'influence de l'agent extérieur sur les extrémités nerfs, mais toujours une modification transmise par c'est à cette modification que nous donnons le nom d' *tion* ou d'*irritation*.

Or, d'après tous les faits aujourd'hui connus, les fibr veuses paraissent présenter toutes la même structure modification à laquelle nous donnons le nom d'exc se comporte d'une manière identique dans toutes, ma grande variété des fonctions remplies par les nerfs. En leur seul rôle n'est pas d'amener au cerveau les sen des organes extérieurs : d'autres conduisent les imp volontaires du cerveau aux muscles, dont la cont met alors les membres en mouvement; d'autres font l'action du cerveau à certaines glandes dont elles excit sécrétions, ou au cœur et aux vaisseaux, pour régler la lation du sang, etc. Cependant les fibres de ces nerfs sont des filets cylindriques pareils, d'une finesse microsc transparents comme le verre, comprenant tous un mêm tenu, analogue en partie à l'huile et en partie au blanc Si ces filets offrent des différences dans leur diamètre, paraît se rattacher qu'à des circonstances d'une impo secondaire, telles que la question de solidité, ou la né de l'existence d'un nombre convenable de conduites pendantes, sans que l'épaisseur soit essentiellement port avec la variété des fonctions. Toutes ces fibres mêmes propriétés électromotrices, comme le démontre taines recherches, principalement celles de M. E. d Reymond; dans toutes, l'état d'excitation peut s'obte les mêmes changements mécaniques, électriques, chi ou calorifiques, et sa propagation se fait dans l'un et sens avec une même rapidité, d'environ cent pieds conde, et produit alors les mêmes modifications dans leu priétés électromotrices. Toutes les fibres, enfin, meure suite des mêmes conditions, et la coagulation de leur c ne paraît varier un peu qu'en raison de leur épaisseur. mot, sauf les actions des autres organes du corps avec le ils sont en rapport et où l'effet de leur excitation se ma pendant la vie, tout ce qui est vrai pour un nerf est absol applicable à tous les autres. Bien plus, tout récemment physiologistes français, MM. Phélipeaux et Vulpian, aprè coupé le nerf sensible et le nerf moteur de la langu réussi à faire souder la moitié supérieure du nerf se avec le bout inférieur du nerf moteur. L'excitation de l tie supérieure, qui, dans les conditions normales, produ sensation, fut rapportée alors au nerf moteur et aux musculaires qu'il anime, et se manifesta sous la forme tation motrice.

Nous tirons de là cette conclusion, que la diversité des produits par l'excitation des différents troncs nerveux d uniquement de la diversité des organes corresponda auxquels le nerf reporte son état d'excitation.

On a souvent comparé les filets nerveux avec les fil réseau télégraphique, et en effet cette comparaison est mement bien choisie pour faire ressortir une particu importante et remarquable de ces filets. Dans les di

---

(1) Voyez ci-dessus, page 210, numéro du 6 mars 1869.

(2) Ueber die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen, in *Kœnigsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen*, Bd. III, 1852. — Ueber das Sehen des Menschen, ein populär wissenschaftlicher Vortrag von H. Helmholtz. Leipzig, 1855.

ies du réseau télégraphique, les mêmes fils de cuivre et r conduisent la même espèce de mouvement, le courant rique, et pourtant on voit se produire les effets les plus s aux différentes stations, selon les appareils où les fils ndent. Tantôt c'est une cloche qui sonne, tantôt un télé- ie à cadran, à impression ou à décomposition chimique, met à fonctionner. Les secousses que le courant élec- donne à nos membres peuvent également servir de ix télégraphiques, et lors de la pose du câble trans- ique, M. W. Thomson trouva que les signaux les plus s peuvent être reconnus par la sensation du goût qui luit en posant les fils sur la langue. Dans d'autres cas, mployons des fils télégraphiques pour faire sauter des à l'aide de forts courants électriques. En un mot, un égraphique se rendant en un point quelconque peut r lieu à chacun de ces effets si innombrablement variés s courants électriques sont capables de produire, et, la diversité de l'effet, c'est toujours la même chose passe dans le fil.

ui précède est bien propre à montrer que *lorsque les ons changent, les mêmes causes peuvent produire des effets ts*. Quelque banale que puisse paraître cette proposition, t qu'à la longue et après de grands efforts qu'on est u à la formuler et à rejeter l'adage d'après lequel les seraient homogènes à leurs effets. C'est à peine si l'on rétendre que l'application de cette proposition nous soit rfaitement familière : précisément, dans le sujet qui ccupe, la résistance à admettre les conséquences de roposition a duré jusque dans ces tout derniers temps. is que l'excitation des nerfs qui se rendent aux mus- aux glandes produit des mouvements ou des sécré- elle des nerfs sensibles produit des sensations. Mais vons des espèces de sensation très-différentes. Avant s sensations relatives à des objets du monde extérieur rtissent en cinq groupes complétement indépendants. upes répondent aux cinq sens, dont la différence est si , qu'il est impossible de faire une comparaison qualita- re une sensation de lumière et une autre sensation, oustique, soit olfactive. Nous nommerons différence *lalité* cette différence, bien plus profonde que celle are des qualités comparables ; l'expression de diffé- *qualitatives* nous servira au contraire pour désigner les ces entre les sensations appartenant au même sens, ue, par exemple, la différence entre les différentes ns colorées.

rritation d'un tronc nerveux produit un mouvement aire, une sécrétion ou une sensation, c'est ce qui dé- niquement de la nature musculaire, glandulaire ou e de l'organe auquel aboutit le nerf auquel on s'est . L'effet ne dépend aucunement de l'espèce d'excitation ée, secousse électrique, tiraillement, section, irritation ontact d'une dissolution de sel marin ou cautérisation ouge. Nous savons de même, — et c'est l'immense pro- e Jean Müller a fait faire à nos connaissances, — que nous irritons un nerf sensible, la modalité lumineuse, ue, tactile, olfactive ou gustative, ne dépend aucune- l'espèce d'irritation, mais uniquement du sens auquel nt le nerf irrité.

quons cette théorie au nerf optique. D'abord nous u'aucune espèce d'action sur aucune partie du corps ie l'œil et son nerf optique ne peut jamais produire de sensation lumineuse. Nous nous permettrons de révoquer en doute les histoires de somnambules, qui sont seules en contradiction avec cette assertion. D'autre part, la lumière extérieure n'a pas le privilége exclusif de produire une sensation lumineuse dans l'œil ; tout ce qui peut irriter un nerf peut produire cette sensation. Les courants électriques les plus faibles, conduits à travers l'œil, produisent des éclairs de lumière. Un choc, ou même une pression légère exercée par l'ongle sur la partie latérale de l'œil, produisent, dans l'obscurité la plus complète, des sensations lumineuses qui, dans des conditions favorables, peuvent atteindre une assez grande intensité. Il faut bien remarquer que dans cette expérience il ne se développe pas de lumière objective dans la rétine, comme le supposaient certains physiologistes. Car la sensation lumineuse peut être assez intense pour que l'éclairage de la rétine, nécessaire pour la production de cette sensation, dût être facilement perceptible pour un second observateur qui regarderait dans la pupille du premier, si la sensation était vraiment la conséquence d'une production de lumière dans la rétine. Or, on ne voit rien de pareil. Une pression ou un courant électrique irritent le nerf optique, et, conformément à la loi de Müller, il en résulte une sensation lumineuse ; mais, du moins dans les conditions de l'expérience, ils sont incapables de produire la moindre trace de lumière objective.

De même une congestion, la modification de composition du sang que peuvent produire certains états fébriles, ou l'ingestion de substances enivrantes ou narcotiques, peuvent produire, dans l'appareil nerveux visuel, des sensations lumineuses auxquelles ne répond aucune lumière extérieure. De plus, dans des cas d'absence complète d'un œil par suite d'une blessure ou d'une opération, la compression exercée par la cicatrice sur le tronçon nerveux peut encore produire des sensations de lumière fantastiques.

De ce qui précède, il résulte d'abord que la modalité particulière par laquelle la sensation lumineuse se distingue de toutes les autres ne réside pas dans des qualités particulières à la lumière extérieure, auxquelles cette sensation pourrait répondre, mais que loin de là, tout ce qui peut irriter le nerf optique entraîne une sensation tellement pareille à celle produite par la lumière extérieure, que les personnes ignorantes de la loi de ce phénomène croient facilement à la présence d'une véritable lumière objective.

La lumière extérieure ne produit donc, sur le nerf optique, rien autre que ce que peuvent produire des agents de tout autre nature. Sous un seul rapport, la lumière est favorisée en comparaison des autres moyens d'excitation : le nerf optique, situé à l'arrière du globe oculaire, au fond de la cavité osseuse de l'orbite, est presque entièrement soustrait à l'influence de tous les autres moyens d'excitation, qui ne l'atteignent qu'exceptionnellement, tandis que les rayons lumineux peuvent toujours lui arriver sans obstacle, en traversant les milieux transparents de l'œil. D'autre part, grâce aux cônes et aux bâtonnets, ces organes terminaux de ses fibres, le nerf optique est infiniment plus sensible pour les rayons de lumière que ne le sont tous les autres appareils nerveux du corps, lesquels ne sentent les rayons de lumière que lorsque ces rayons sont suffisamment concentrés pour produire une augmentation sensible de température.

Cette circonstance explique comment l'excitation de l'appareil nerveux oculaire est devenue pour nous le signe sensuel ordinaire qui décèle la présence de lumière dans le champ

de vision, et comment nous ne distinguerons pas entre la lumière et la sensation lumineuse, même lorsque celle-ci existe seule. Mais, en considérant les faits dans leur ensemble, nous découvrons, à n'en pouvoir douter, que la lumière extérieure n'est qu'*une* des excitations qui peuvent agir sur le nerf optique, et qu'il n'existe aucune relation exclusive entre la lumière et la sensation lumineuse.

Après avoir parlé de l'influence générale des irritations sur les nerfs des sens, passons à l'étude des différences qualitatives de la sensation lumineuse, c'est-à-dire à celle des sensations produites par les différentes couleurs, et appliquons-nous particulièrement à rechercher dans quelle mesure les différences de ces sensations répondent à des différences réelles ou objectives.

La physique démontre que la lumière est un mouvement oscillatoire d'un milieu élastique nommé *éther lumineux*, répandu dans l'espace, et dont les vibrations se propagent sous forme d'ondes; c'est un mouvement analogue à celui des ondes circulaires qui se forment à la surface d'une eau tranquille où l'on vient de laisser tomber une pierre; on peut comparer aussi ce mouvement à l'ébranlement que produit le son en se propageant dans notre atmosphère. Seulement, la propagation de la lumière et les oscillations des particules mises en mouvement par les ondes lumineuses se font avec une vitesse incomparablement supérieure à celles de l'eau et de l'air dans les exemples que je viens de citer.

Les systèmes d'ondes lumineuses qui émanent du soleil diffèrent considérablement entre eux par leurs dimensions, de même que sur l'eau les ondes forment tantôt des rides d'une dimension de quelques pouces, tantôt d'immenses vagues dont les sommets comprennent des abimes de soixante, de cent pieds de longueur. Or, de même que les ondes d'une surface liquide, soient-elles hautes ou basses, courtes ou longues, ne diffèrent pas entre elles par leur nature, mais uniquement par leur grandeur, de même les systèmes d'ondes lumineuses qui partent du soleil diffèrent par leur force ou leur longueur d'onde, mais exécutent toutes un mouvement analogue. Toutes présentent les mêmes propriétés physiques si remarquables, la réflexion, la réfraction, l'interférence, la diffraction et la polarisation, et cette analogie, qui subsiste malgré certaines différences attribuables à la différence des longueurs d'ondes, permet d'affirmer que dans tous ces systèmes d'ondes le mouvement vibratoire de l'éther lumineux est de même espèce. Remarquons particulièrement que les phénomènes d'interférence, où la lumière se renforce ou se détruit lorsqu'on y ajoute de la lumière de même nature qui a parcouru un chemin plus ou moins long, prouvent que toutes ces émissions lumineuses consistent en un mouvement ondulatoire oscillant; remarquons aussi les phénomènes de polarisation qui, variant avec le côté où l'on observe, permettent d'affirmer que les oscillations des particules d'éther se font perpendiculairement à la direction suivant laquelle se propage le rayon.

Tous les différents rayons dont nous venons de parler ont ceci de commun, de réchauffer les corps terrestres qu'ils frappent, et de produire tous une sensation de chaleur sur notre peau.

Mais notre œil au contraire ne sent comme lumière qu'une partie de ces vibrations de l'éther. Il n'est pas affecté par les systèmes qui présentent de grandes longueurs d'ondes, et que nous pouvons comparer aux longues vagues de l'Océan; aussi reçoivent-ils la désignation de *chaleur rayonnante obscure*. Ce sont des rayons de ce genre qu'émet un poêle quand il nous chauffe sans être porté au rouge.

D'autre part, notre œil perçoit si faiblement les rayons à faible longueur d'onde, comparables aux rides produites par un léger vent sur la surface d'un étang, que l'on considère généralement aussi ces rayons comme invisibles et qu'on les a appelés *rayons chimiques obscurs*.

Entre les ondes de l'éther trop courtes et trop longues, il en est d'une longueur moyenne, qui affectent fortement notre œil sans différer essentiellement des rayons de chaleur obscurs et des rayons chimiques obscurs. Ils ne s'en distinguent que par la valeur différente de leur longueur d'onde et par les relations physiques qui en résultent. Nous leur donnons le nom de *lumière*, par ce motif qu'ils affectent seuls notre rétine.

Quand on tient compte de la qualité calorifique de ces rayons, on les désigne aussi sous le nom de *chaleur lumineuse*; et comme ils procurent à notre peau une sensation tout autre qu'à notre œil, on considérait, il y a trente ans encore, la chaleur comme provenant d'un rayonnement de tout autre nature que la lumière. Mais, ainsi que le démontrent les recherches faites depuis avec le plus grand soin par les physiciens, la chaleur et la lumière sont identiques, et il est impossible de les séparer dans les rayons lumineux du soleil. Quelles que soient les opérations optiques qu'on leur fasse subir, il est impossible de diminuer le pouvoir lumineux des rayons sans amoindrir en même temps et dans une même mesure leurs effets calorifiques et chimiques. Toute opération qui supprime les mouvements oscillatoires de l'éther supprime naturellement aussi tous les effets de ces mouvements, c'est-à-dire la lumière, la chaleur, l'action chimique, l'*excitation* de la fluorescence, etc.

Celles des vibrations de l'éther qui affectent fortement notre œil, et que nous appelons lumière, excitent en nous, selon la différence de leur longueur d'onde, l'impression de différentes couleurs. Les vibrations qui présentent une grande longueur d'onde nous apparaissent en *rouge*, puis viennent successivement les couleurs *jaune d'or*, *jaune*, *vert*, *bleu* et *violet*; cette dernière couleur répondant à la moindre longueur d'onde susceptible de produire une impression lumineuse. Cette suite de couleurs est bien connue : elle constitue l'arc-en-ciel; nous la voyons également quand nous regardons une lumière à travers un prisme de verre, et c'est la même série de couleurs qui forme les feux colorés du diamant. En effet, dans les corps transparents, la lumière s'analyse, grâce à la différence de longueur d'onde des différentes couleurs, laquelle produit une différence de réfraction dont l'effet est d'isoler ces couleurs les unes des autres. Ces couleurs simples, telles qu'on les obtient avec la plus grande pureté en projetant, à l'aide d'un prisme de verre, le spectre d'une ligne lumineuse, sont en même temps les couleurs les plus brillantes et les plus saturées qu'on puisse voir.

Le mélange de plusieurs de ces couleurs simples donne l'impression d'une couleur nouvelle, généralement plus ou moins blanchâtre. On obtient l'impression du blanc quand on les mélange toutes exactement suivant les proportions qu'elles présentent dans la lumière solaire. Dans les mélanges, suivant que ce sont les rayons de longueur d'onde grande, petite ou moyenne, qui prédominent, la coloration obtenue est d'un blanc rougeâtre, verdâtre ou bleuâtre. Il suffit d'avoir regardé travailler un peintre pour savoir que le mélange de deux

en donne une troisième. Malgré les nombreuses dif- le détail entre les résultats du mélange de lumière t ceux du mélange des couleurs pour la peinture, le ne se présente en somme d'une manière analogue leux cas. Que ce soit sur une partie de notre rétine écran blanc que nous fassions parvenir à la fois deux différentes, dans un cas comme dans l'autre, au lieu couleurs, nous n'en voyons qu'une, et cette *couleur* diffère toujours plus ou moins des deux couleurs nt dans sa composition.

érence la plus frappante entre le mélange de cou- r la peinture et le mélange de lumière colorée con- e que les peintres obtiennent du vert par le mélange t du jaune, tandis que le mélange de lumière jaune donne du blanc.

n général, les différents mélanges réveillent en nous on de couleurs différentes. Mais le nombre des dif- colorées perceptibles est bien inférieur à celui des mélanges de rayons lumineux que le monde exté- t envoyer à notre œil. Pour la rétine, les mélanges e écarlate et bleu verdâtre, jaune verdâtre et vio- ne et bleu d'outre-mer, rouge verte et violette, ou toutes les couleurs du spectre, produisent tous une nsation de blanc. Physiquement, ces mélanges sont très-différents; et *l'on ne peut même démontrer aucune ressemblance physique entre ces différents mélanges*, si 'identité de leur action sur l'œil. Ainsi, par exemple, ce éclairée de rouge et de bleu verdâtre viendra photographie, tandis qu'une autre, éclairée de vert et de violet, viendra très-claire, quoique les deux soient du même blanc pour l'œil. De plus, si nous successivement des corps colorés, à l'aide de ces es lumières blanches, leur coloration paraîtrait dif- chaque fois. Enfin, il suffit de regarder ces diverses à travers un prisme ou un verre de couleur pour les tre comme différentes.

me que pour la lumière blanche, on peut, en faisant mélanges très-différents de lumière colorée, repro- utres couleurs, surtout quand elles ne sont pas ex- nt saturées; les couleurs résultantes ainsi obtenues être identiques pour l'œil, quelle que soit la diffé- leur composition, et, par suite, celle de leurs pro- hysiques ou chimiques.

t à Newton un procédé qui permet de représenter anière très-simple dans l'espace le système des cou- t l'œil peut saisir la différence, et à l'aide duquel la élange des couleurs s'exprime d'une manière relati- simple. Qu'on se figure les couleurs spectrales distri- nvenablement le long de la circonférence d'un cercle, ençant par le rouge et suivant la série des couleurs en-ciel par des nuances insensibles jusqu'au violet; ns le rouge et le violet par un pourpre passant, d'une violet bleuâtre, et d'autre part au rouge écarlate un âtre du spectre. Mettons le blanc au centre du cercle, s rayons qui vont du centre à la périphérie, disposons ations insensibles les couleurs que peut produire le du blanc avec les couleurs périphériques saturées. e chromatique ainsi construit représente toutes les s que peuvent présenter les couleurs, l'intensité res- le d'ailleurs.

cela peut se démontrer, — si l'on distribue convenablement les couleurs sur une pareille table et si l'on choisit convenablement la mesure de leurs intensités, il suffit de faire la construction du centre de gravité pour trouver la position de la couleur qui résulte du mélange de deux couleurs de la table. La construction se fait en remplaçant les poids par les intensités lumineuses. Ainsi, sur la table chromatique convenablement construite, toutes les couleurs résultantes que peuvent donner deux couleurs sont situées sur la ligne droite qui réunit ces deux couleurs, et ces couleurs résultantes sont d'autant plus près de l'une des couleurs composantes, qu'elles contiennent plus de celle-là et moins de l'autre.

Je remarque que, dans une pareille disposition, les couleurs spectrales qui, étant les plus saturées qui existent, doivent être placées le plus loin possible du blanc, c'est-à-dire sur la circonférence de la table, ne viennent pas se placer exactement en cercle. La circonférence de la figure présente trois saillies, dans le rouge, le vert et le bleu, de telle sorte que le tout ressemble assez à un triangle aux coins arrondis. Tandis que le rouge, le vert et le bleu occupent les coins, les côtés du triangle portent les passages du rouge au vert par le jaune, du vert à l'outremer par le bleu verdâtre, de l'outremer au rouge écarlate par le violet et le pourpre.

Avec sa représentation du système des couleurs, analogue à celle que nous venons de décrire, Newton n'avait pas d'autre but que de donner une idée d'ensemble saisissable des faits compliqués relatifs à notre sujet. Tout récemment, Maxwell a pu démontrer, même au point de vue quantitatif, l'exactitude des propositions comprises dans cette représentation. Il y parvint au moyen de disques dont les différents secteurs portaient des couleurs différentes dont le mélange s'effectuait au moyen d'une rotation rapide. Quand un de ces disques tourne assez vite pour que l'œil ne puisse plus suivre les différents secteurs, les couleurs de ces secteurs se confondent en une couleur résultante uniforme, et la quantité de lumière relative à chacune des couleurs peut se mesurer directement par la largeur du secteur qu'elle recouvre. Or, on peut démontrer expérimentalement que les couleurs résultantes ainsi obtenues sont identiques avec celles que donnerait l'éclairage continu de la même surface par les mêmes couleurs. C'est ainsi que la mesure a pu pénétrer dans l'étude des couleurs, qui lui paraissait inaccessible, que les différences qualitatives des couleurs ont été ramenées à la mesure des circonstances quantitatives.

On voit que toutes les différences de couleur se réduisent à trois : celles de *ton*, de *saturation* et d'*intensité*. Les différences de *ton* sont celles qui existent entre les différentes couleurs spectrales, et que nous désignons par les noms de rouge, jaune, vert, bleu, violet et pourpre. Ainsi, relativement au ton, les couleurs forment une série continue, telle que nous l'obtenons en réunissant par le pourpre les couleurs extrêmes de l'arc-en-ciel, et telle que nous l'avons représentée sur la circonférence de la table chromatique. La *saturation* présente son maximum dans les couleurs simples du spectre, du moins en tant qu'il s'agit de sensations produites seulement par la lumière extérieure; nous verrons plus loin que, dans la sensation, la saturation peut atteindre un degré encore plus élevé. Toute addition de blanc aux couleurs spectrales en diminue la saturation. C'est ainsi que le rose est identique avec le pourpre blanchâtre, le rouge chair avec le rouge écarlate blanchâtre; le vert pâle, le jaune pâle, le bleu blanchâtre, etc., sont autant de couleurs peu saturées ou mêlées de blanc.

Toutes les couleurs composées sont, en règle générale, moins saturées que les couleurs simples du spectre. Enfin les différences de *clarté* ou d'*intensité* n'ont pas été représentées sur la table chromatique. Tant que nous regardons de la lumière colorée, ces différences d'intensité ne présentent qu'un caractère quantitatif. Le noir n'est alors que du sombre, ou simplement l'absence de lumière. Il en est autrement quand nous regardons des objets colorés ; le noir répond tout aussi bien que le blanc à une manière de réfléchir la lumière, ce qui fait que, dans le langage, il est considéré comme une couleur aussi bien que le blanc. Aussi existe-t-il une série de dénominations pour les couleurs de faible intensité. Nous les appelons *foncées* quand elles sont saturées, et *grises* quand elles sont blanchâtres. Ainsi le *bleu foncé* est un bleu faiblement intense et saturé; le bleu grisâtre, un bleu de faible intensité et blanchâtre. Pour certaines couleurs, l'emploi de noms spéciaux procure plus de concision. C'est ainsi que le brun rouge, le brun, le vert-olive, sont des gradations faibles, plus ou moins saturées, du rouge, du jaune et du vert.

Nous venons de voir comment, pour la sensation, toutes les différences objectives dans la composition de la lumière se ramènent aux seules différences de *ton*, de *saturation* et d'*intensité*, et comment le langage se conforme à cette distinction. Nous pouvons encore exprimer autrement cette triple différence.

J'ai dit plus haut que la table chromatique convenablement construite ressemble à un triangle. Supposons un instant qu'elle forme un triangle rectiligne ; nous tiendrons compte plus tard de l'erreur qu'entraîne cette supposition. Admettons avec Maxwell que le rouge, le vert, et l'outremer en occupent les sommets. Il résulte alors de la loi du mélange exposée plus haut, que toutes les couleurs de l'intérieur et des côtés du triangle pourront être obtenues par le mélange des trois couleurs qui occupent les sommets. Ainsi *toutes les différences des couleurs répondent aux différents mélanges de trois couleurs fondamentales.* Le mieux est de prendre pour couleurs fondamentales celles indiquées par Maxwell. Ce serait un mauvais choix que de prendre, avec les auteurs anciens, le rouge, le jaune et le bleu, qui avaient été choisis comme couleurs fondamentales d'après les mélanges de couleurs pour la peinture ; en effet, les lumières jaune et bleue ne donnent pas de vert par leur mélange.

Ce qu'il y a de particulier dans cette manière de réduire toutes les variétés de lumière aux mélanges de trois couleurs fondamentales, devient plus clair, par comparaison avec ce qui se passe d'analogue dans l'oreille.

On sait que le son est, comme la lumière, un mouvement oscillatoire dont les vibrations se propagent sous forme d'ondes. De même que pour la lumière, nous avons à distinguer dans le son des systèmes d'ondes de longueur d'onde différente qui excitent dans notre oreille des impressions de qualités différentes ; les ondes de grande longueur produisent les sons graves, celles de courte longueur, les sons aigus. Comme l'œil, l'oreille peut être frappée en même temps par plusieurs systèmes d'ondes, c'est-à-dire par plusieurs sons. Mais, dans l'oreille, ces sons ne se mélangent pas de la même manière que les couleurs, dont les sensations simultanées donnent des couleurs que nous avons nommées résultantes. Sans changer complétement l'impression, nous ne pouvons remplacer l'action simultanée d'*ut* et *mi* par un autre son tel que *ré*, tandis que l'œil ne remarque pas la substitution de l'orangé à la place d'un mélange de rouge et de jaune. L'accord le plus compliqué d'un orchestre produit en nous une sensation différente, pour peu que nous remplacions un des sons qui le composent par un ou deux autres. Pour une oreille exercée, il n'existe aucun accord qui soit complétement pareil à un autre composé d'autres sons. Si l'oreille se comportait, par rapport aux sons, de la même manière que l'œil par rapport aux couleurs, il serait possible de remplacer un accord, quel qu'il soit, par la combinaison de trois sons uniques, l'un très-grave, le second de hauteur moyenne et le troisième très-aigu. Il suffirait de faire varier l'intensité relative de ces trois sons, et toute la musique pourrait se ramener aux combinaisons de trois sons.

Nous trouvons, au contraire, qu'un accord ne reste invariable pour l'oreille que tant que l'intensité de chacun des sons dont il se compose reste la même. Pour définir un accord avec une exactitude complète, il faudrait donc déterminer exactement l'intensité de tous les sons dont il se compose. De même, la nature physique d'une espèce de lumière ne peut se déterminer complétement qu'en mesurant l'intensité de toutes les couleurs simples que cette lumière contient. Or, la lumière du soleil, celle de la plupart des étoiles et des flammes contiennent un nombre immense de couleurs différentes qui se dégradent par transitions insensibles. Pour définir exactement une pareille lumière, au point de vue physique, il faudrait donc mesurer l'intensité d'éléments innombrables, tandis que, dans la sensation, nous ne distinguons que la variation dans l'intensité de trois éléments.

Le musicien exercé est en état d'entendre immédiatement dans un accord la note produite par chaque instrument d'un orchestre complet. Le physicien ne peut pas reconnaître immédiatement à la vue simple la composition d'une lumière; il est obligé d'avoir recours à un prisme, qui décompose la lumière. Mais alors la composition de la lumière devient manifeste, et l'on peut reconnaître la lumière des différentes étoiles fixes d'après les lignes claires et foncées de leur spectre ; on reconnaît également les éléments chimiques que contiennent les flammes terrestres, l'atmosphère brûlante du soleil, des étoiles fixes et des nébuleuses. L'analyse spectrale, la plus brillante découverte de ces dernières années, qui a rendu accessibles à l'analyse chimique les régions les plus reculées du ciel, repose uniquement sur ce que la lumière de chaque source lumineuse contient certaines particularités physiques ineffaçables qu'elle conserve même dans les mélanges.

Il est très-intéressant de savoir qu'il existe des yeux qui réduisent les différences des couleurs à un système plus simple encore, celui du mélange de deux couleurs fondamentales seulement. On dit que ces yeux, qui se rencontrent encore assez souvent, sont affectés de daltonisme, ou mieux de *dyschromatopsie*, parce qu'ils confondent entre elles des couleurs qui paraissent très-différentes aux yeux ordinaires. Ces yeux n'en sont pas moins aptes à distinguer les autres couleurs, peut-être même un peu plus exactement que les yeux normaux. Généralement ces yeux sont affectés d'*anérythroblepsie*, c'est-à-dire que, dans leur système de couleurs, c'est le rouge qui manque, ainsi que toutes les variations que l'addition du rouge apporte dans les autres couleurs. Toutes les différences de couleurs paraissent des différences de bleu et de vert, auquel ils donnent le nom de jaune. Ainsi, le rouge écarlate, le rouge chair, le blanc et le bleu verdâtre leur paraissent pareils, ou leur présentent tout au plus des différences d'intensité. De même,

rpre, le violet et le bleu leur paraissent pareils, ue le rouge, l'orangé, le jaune et le vert. Les fleurs écarlate du géranium leur paraissent du même ton que lles de cette plante; ils ne peuvent pas distinguer en-s les lanternes rouges et vertes qui servent de signaux chemins de fer; ils ne voient pas l'extrémité rouge du ; le rouge écarlate très-saturé leur paraît presque tel point qu'un prêtre écossais, affecté d'anérythro-, se choisit un jour par mégarde du drap rouge écar-ur une soutane.

rencontrons, dans la perception des couleurs, des iné-curieuses du champ de la rétine. — D'abord chacun ugle pour le rouge près de la limite du champ de vi-ous voyons le mouvement d'une fleur de géranium, us faisons aller et venir vers le bord du champ de vi-nais nous ne distinguons pas sa couleur, laquelle se d alors avec celle du feuillage de la même plante. En l, dans la vision indirecte, le rouge paraît bien plus

econd lieu, on a vu qu'aux environs de la fossette cen-a rétine est teinte en jaune; il en résulte que le bleu un peu plus sombre au milieu du champ de vision. rtout frappant dans les mélanges du rouge et du vert e. Quand un pareil mélange paraît blanc à la vision , il paraît bleu dans les parties périphériques du de vision; inversement, lorsque ces mélanges parais-uges à la vision directe, ils paraissent blancs dès qu'ils vent éloignés du point de fixation.

un procédé que j'ai signalé dans la leçon précédente, égularités passent inaperçues, grâce au mouvement t du regard. Pour les couleurs pâles et blanchâtres ous présente ordinairement le monde extérieur, nous à quelles impressions de la vue directe répondent les ssions reçues indirectement, et nous interprétons ces res de façon à apprécier toujours les couleurs de la ma-ont elles se présenteraient à la vision directe. Il faut des ges colorés insolites, ou une attention spéciale, pour différence devienne sensible.

héorie des couleurs, avec toutes les circonstances si es et si compliquées que je viens de décrire, était ceau qui avait résisté non-seulement à Gœthe, mais en-x physiciens et aux physiologistes. Je m'étais également né longtemps en efforts superflus, lorsque je découvris u'une solution d'une simplicité surprenante avait déjà uvée et imprimée au commencement de ce siècle. Elle ce même Thomas Young, qui fit le premier pas dans la des hiéroglyphes égyptiens. C'était un des génies les ofonds qui aient jamais existé; mais il eut le malheur trop avancé pour son siècle. Ses contemporains l'admi-mais sans être en état de suivre l'essor hardi de ses aisons. Aussi une quantité de ses idées les plus im-les restèrent-elles enfouies et oubliées dans les in-folio ociété royale de Londres, jusqu'à ce qu'une nouvelle tion refit péniblement et pas à pas ses découvertes, et ainquit de l'exactitude de ses assertions et de ses dé-rations.

xpliquant ici la théorie des couleurs établie par Young, i observer que les conclusions que nous en tirerons plus elativement à la nature des sensations visuelles, sont fait indépendantes de ce que cette théorie présente thétique.

Thomas Young admet qu'il existe dans l'œil trois espèces de fibres nerveuses dont les premières, excitées de n'importe quelle façon, produisent la sensation du rouge; les secondes, la sensation du vert; les troisièmes, celles du violet. Il admet encore que les premières sont excitées le plus par les vibrations lumineuses de l'éther, dont la longueur d'onde est la plus grande; que les fibres sensibles au vert sont excitées surtout par les ondes de longueur moyenne, et que les fibres sensibles au violet sont principalement excitables par la lumière de la moindre longueur d'onde. Ainsi, l'excitation des fibres sensibles au rouge prédominerait dans l'extrémité rouge du spectre, et c'est pour ce motif que cette partie nous apparaîtrait rouge; plus loin, il s'y joindrait une excitation sensible des fibres du vert, et c'est au mélange de ces sensations que nous donnerions le nom de jaune; au milieu du spectre, l'excitation des nerfs sensibles au vert dominerait sur les deux autres, et la sensation du vert serait dominante; le mélange de cette sensation avec celle du violet donnerait le bleu; enfin, à l'extrémité la plus réfrangible du spectre, dominerait la sensation du violet (1).

On voit que l'hypothèse d'Young n'est pas autre chose qu'une spécialisation de la loi des énergies spécifiques des sens, tout aussi bien que la différence entre la sensation de lumière et celle de chaleur tient uniquement à la nature des fibres terminales, optiques ou sensitives, qui sont frappées par les rayons du soleil. D'après l'hypothèse d'Young, la différence entre les sensations colorées tient au degré relatif d'excitation des trois espèces de fibres dont il admet l'existence. L'irritation égale de ces diverses fibres donne la sensation de blanc.

On pourrait alors expliquer les phénomènes de l'anérythroblepsie en admettant que les fibres sensibles au rouge soient paralysées. Il est probable que, vers la périphérie, la rétine de l'œil normal, ces fibres sensibles au rouge manquent ou sont très-peu nombreuses.

Chez les hommes et les autres mammifères, on ne connaît encore aucun fait anatomique qu'on puisse mettre en rapport avec cette théorie des couleurs. Mais M. Max Schultze a trouvé, chez les oiseaux et les reptiles, une structure qui est évidemment en relation avec cette théorie. Dans les yeux de beaucoup de ces animaux, nombre de bâtonnets de la couche rétinienne sensible portent une gouttelette huileuse rouge à leur bout antérieur, celui qui est tourné vers la lumière; d'autres bâtonnets portent une gouttelette jaune, d'autres n'en contiennent pas. Or, il est hors de doute que la lumière rouge pénètre plus facilement que toute autre dans les bâtonnets à gouttelette rouge; que la lumière jaune et verte produit relativement plus d'impression sur les bâtonnets à gouttelette jaune; la lumière bleue est probablement presque complétement exclue de ces deux espèces de bâtonnets pour n'en affecter que plus fortement les bâtonnets non colorés. Il est donc bien probable que ces différents bâtonnets sont les organes terminaux des nerfs sensibles au rouge, au vert et au bleu.

(1) On n'est pas encore parvenu à déterminer expérimentalement avec exactitude les trois couleurs fondamentales. Pour le rouge seul, il n'y a pas de doute; les expériences faites sur certains sujets affectés de dyschromatopsie prouvent que cette couleur répond au rouge extrême du spectre. Th. Young avait choisi le violet comme couleur fondamentale de l'autre extrémité, tandis que Maxwell trouve plus de probabilité pour le bleu, et qu'on ne peut pas encore trancher définitivement la question.

Une hypothèse tout analogue m'a paru plus tard très-propre à expliquer de la manière la plus simple les particularités tout aussi remarquables que présente la perception des sons musicaux. On sait que, dans le limaçon de l'oreille, les extrémités des fibres nerveuses s'étalent régulièrement les unes à côté des autres, et sont munies de petits appendices élastiques qu'on appelle les *fibres de Corti*, qui sont rangés régulièrement les uns à côté des autres, comme les touches et les marteaux d'un piano. J'ai admis que chaque fibre nerveuse en particulier est capable de percevoir un son d'une certaine hauteur, celui qui fait vibrer le plus fortement son appendice élastique. Ce n'est pas ici le moment d'insister sur les caractères spéciaux des sensations sonores qui m'ont conduit à poser une hypothèse, dont l'analogie avec la théorie des couleurs d'Young est évidente, et qui ramène à un principe aussi simple que celui de la théorie des couleurs d'Young, la formation des harmoniques et des battements, la perception des timbres, la différence entre la consonnance et la dissonance, la formation de la gamme musicale, etc. Je dois dire que l'oreille offrait une structure anatomique bien plus facilement conciliable avec une hypothèse de ce genre; on a même réussi depuis à en obtenir une vérification directe, non chez l'homme ou les autres vertébrés, chez qui le labyrinthe de l'oreille est trop inaccessible, mais bien chez certains crustacés marins. Chez ces animaux, les appendices de l'organe auditif sont externes; on peut les observer sur l'animal vivant sous forme de poils articulés où se rendent les fibres nerveuses du nerf auditif, et M. Hensen (de Kiel) a pu constater que les différents sons font entrer en vibration tantôt les uns, tantôt les autres de ces poils.

Il nous faut encore répondre ici à une objection qu'on pourrait faire à la théorie des couleurs de Th. Young. J'ai dit plus haut que dans la représentation du système des couleurs sur la table chromatique, la ligne où sont figurées les couleurs les plus saturées, celles du spectre, ressemble à un triangle. Or, nos raisonnements sur la théorie des trois couleurs fondamentales exigent que ce triangle soit absolument rectiligne, car alors seulement il est possible d'obtenir toutes les couleurs par le mélange des trois couleurs fondamentales situées au sommet du triangle. Mais, ne l'oublions pas, la table chromatique contient toutes les couleurs du monde extérieur, tandis que, dans la théorie qui nous occupe, il s'agit de la composition de sensations. Il suffit d'admettre que les lumières objectives ne produisent pas les sensations colorées parfaitement pures, c'est-à-dire que la lumière rouge simple, même parfaitement exempte de lumière blanche, n'excite pas uniquement les fibres sensibles au rouge, mais encore, quoique faiblement, les fibres du vert, et, plus faiblement encore, celles du violet. Alors la sensation que produit dans l'œil la lumière rouge la plus pure n'est pas encore la plus pure sensation de rouge, et l'on peut concevoir un rouge plus saturé encore que celui dont aucune couleur du monde extérieur ne peut nous donner l'impression.

L'expérience confirme l'exactitude de cette supposition : il est possible d'obtenir une pareille sensation de rouge plus saturé. Ce fait est très-important, non-seulement parce qu'il écarte une objection qu'on pourrait faire à la théorie d'Young, mais aussi, à cause de la signification qu'il possède par rapport aux sensations colorées en général. Pour décrire cette expérience, il nous faut commencer par exposer préalablement tout un nouvel ordre de phénomènes.

Tout appareil nerveux se fatigue lorsqu'on le tient en
vité, et cela d'autant plus, qu'il fonctionne avec plus d'i
sité et plus longtemps. Le sang rouge qui coule dan
artères renouvelle constamment la matière usée, et répa
changements produits par l'activité, c'est-à-dire la fatigu
même chose se passe dans l'œil. Lorsqu'on fatigue la
dans toute son étendue, en restant, par exemple, qu
temps en plein air par un beau soleil, elle devient inse
à une lumière faible. Si l'on entre alors subitement da
endroit sombre, on commence par n'y rien voir; on dit
qu'on a été ébloui. Après quelque temps, l'œil se rem
l'on finit par voir au point de pouvoir lire dans un endro
paraissait d'abord complétement sombre.

C'est ainsi que se manifeste la fatigue générale de la r
mais il peut se produire aussi une fatigue partielle,
une partie seulement a été fortement éclairée penda
peu longtemps. Si nous fixons pendant quelque temps un
d'un objet éclairé qui se détache sur un fond obscur,
fixation est nécessaire pour que l'image claire ne se d
pas sur la rétine, et ne fatigue qu'une partie exactem
mitée de sa surface,— et que nous portions ensuite le
sur un fond d'une nuance gris foncé uniforme, nous
sur ce fond une *image accidentelle* de l'objet vu précédem
les contours n'ont pas changé, mais l'éclairage est deve
verse: le fond obscur paraît clair, et l'objet clair paraît
comme cela aurait lieu sur un négatif photographique. En
soigneusement, on peut obtenir des images accidentelle
finement dessinées; quelquefois même on distingue enc
lettres. L'image accidentelle se forme par suite de fatig
cale; les parties de la rétine qui avaient été fortement
rées sentent moins vivement que les voisines la lumi
fond gris, de telle sorte que sur ce fond parfaitement uni
on croit voir une tache foncée, d'une étendue égale
qui était tout à l'heure fortement éclairée.

Des feuilles de papier blanc bien éclairées sont des
suffisamment lumineux pour la formation d'images ac
telles; quand on regarde des objets bien plus lumineu
que le soleil ou des flammes, il arrive que, pendant le
miers instants, l'image accidentelle positive produite
persistance de l'impression se superpose à l'image né
qui est l'effet de la fatigue; en outre, les différentes co
contenues dans la lumière blanche produisent des eff
durée et de force différentes. Il en résulte qu'on voit
des images accidentelles colorées, et que tout le phén
devient bien plus compliqué.

Les images accidentelles fournissent un moyen facile d
stater que l'intensité de l'impression produite par une s
éclairée commence à diminuer dès les premières secon
qu'après une minute elle est généralement réduite de l
tié ou des trois quarts. La manière la plus simple de di
l'expérience est de couvrir à demi, avec une feuille de
noir, une feuille de papier blanc, de fixer ensuite un c
point de la feuille blanche, près du bord de la feuille
et de retirer rapidement, après trente à soixante secon
feuille noire, sans détourner le regard. Alors, à l'endro
était noir, l'impression du blanc se reproduit avec sa fra
première, et l'on est frappé de voir combien l'impr
s'est affaiblie et émoussée pour le reste pendant le peu de
qu'a duré l'expérience. Cependant il faut remarquer qu
forte diminution de l'intensité apparente passe complét
inaperçue tant qu'on ne retire pas le papier noir.

peut encore observer une autre espèce de fatigue par-, relative à certaines couleurs seulement. Il suffit d'expo-ut ou partie de la rétine à l'éclairage d'une seule couleur ant quelque temps, c'est-à-dire de trente secondes à cinq tes. D'après la théorie d'Young, il est clair que, dans expérience, la fatigue ne porte que sur une ou deux de fibres sensibles à la lumière, et n'atteint pas les s. Il en résulte que si l'on regarde par exemple l'image entelle du rouge sur un fond gris, la lumière uniforme fond ne peut produire fortement que les sensations de et de violet dans l'endroit de la rétine fatigué pour le e. Cet endroit est comme passagèrement affecté d'anéry-lepsie; son image accidentelle paraît donc vert bleuâtre, ur complémentaire du rouge.

la nous donne enfin le moyen de produire réellement notre rétine les véritables sensations des couleurs pures turées. Pour obtenir le rouge saturé, par exemple, nous ns qu'à fatiguer une partie de la rétine par le vert bleuâtre ectre, couleur complémentaire du rouge. Nous rendons cette partie de la rétine aveugle à la fois pour le vert et let. Projetons l'image accidentelle ainsi obtenue sur le d'un spectre primastique aussi pur que possible; cette e paraît alors d'un rouge saturé intense, et le rouge du re qui l'environne, et qui est pourtant le rouge le plus ue le monde extérieur puisse nous offrir, paraît moins é, parce qu'il se peint sur des parties non fatiguées de la e: il semble couvert comme d'un brouillard blanchâtre. ntentons-nous de ces exemples; je ne voudrais pas accu-r plus de détails, dont l'exposé nous entraînerait à d'in-rables descriptions d'expériences.

présence de ces faits, est-il possible de continuer à ad-re, comme nous y sommes naturellement portés, que les ités de nos sensations, et en particulier celles de nos sensa-visuelles, sont une représentation fidèle de qualités corres-antes du monde extérieur? Évidemment non. Le contraire rt déjà de la loi de J. Müller sur les énergies spécifiques ens, loi fondée sur l'observation des faits. Si les rayons du se manifestent à nous sous forme de couleur ou sous celle aleur, c'est ce qui ne dépend pas de leur constitution in-; cela varie suivant qu'ils excitent les fibres nerveuses opti-, ou les fibres nerveuses de la peau. Une pression sur le oculaire, un faible courant électrique qui le traverse, un tique répandu dans le sang, peuvent être perçus sous e de lumière, tout aussi bien que les rayons du soleil. La nde différence qui existe entre les sensations de la vue, uïe, du goût, de l'odorat et du toucher, différence telle-t radicale que les sensations de couleur et de son n'ont e elles aucun rapport de ressemblance ni même de dis-lance, cette différence ne dépend nullement de la na-de l'objet extérieur, mais uniquement des relations cen-s du nerf affecté. La question de savoir si, dans le domaine haque sens, il existe un accord entre l'objectif et le sub-f, devient alors secondaire. Les couleurs que nous pré-nt les divers systèmes d'ondes de l'éther varient certai-ent avec la longueur d'onde des vibrations de l'éther mpressionnent le nerf optique. Le système des couleurs rellement visibles nous permet de distinguer une série fférences entre les divers mélanges lumineux; mais le re de ces différences est extrêmement restreint : il l'est le rapport de l'infini à trois. Puisque la faculté la plus im-nte de l'œil est de mesurer les dimensions dans l'espace et que, sous ce rapport, son organisation est bien plus déli-cate que celle de l'oreille, nous avons droit d'être satisfaits si l'œil distingue quelques différences qualitatives de la lumière, même relativement peu nombreuses. L'oreille, qui est bien plus richement douée par rapport aux différences qualita-tives, est à peu près incapable de rien distinguer par rapport à l'espace. N'est-il pas étonnant que chez l'homme qui, tant qu'il n'est pas prévenu, accorde une pleine confiance au té-moignage de ses sens, ni les limites de visibilité du spectre, ni les quelques différences de coloration qu'il est capable de percevoir, ne sont fondées sur aucune différence correspon-dante des objets? La lumière peut avoir absolument le même aspect, tout en étant complétement différente dans tous ses autres effets physiques et chimiques connus.

Nous trouvons enfin que les éléments purs de notre sensa-tion des couleurs, — la sensation des couleurs fondamentales pures, — ne peuvent être perçus par l'œil naturel non fatigué qu'à condition de disposer artificiellement les choses dans des conditions convenables, et que ces couleurs n'existent uni-quement qu'à l'état de phénomènes subjectifs.

Ce qui subsiste d'une relation réelle entre la qualité de la lumière extérieure et celle de la sensation peut paraître d'abord bien peu de chose, mais cela suffit, en réalité, parfai-tement à un nombre infini d'applications des plus utiles. *La lumière identique excite dans les mêmes conditions des sensa-tions identiques. La lumière qui, dans les mêmes conditions, excite des sensations de couleurs différentes, n'est pas identique.*

Quand deux circonstances sont liées par une semblable re-lation, l'une est le *signe* de l'autre. Il me semble que d'in-nombrables erreurs et bien des fausses théories tiennent à ce que, dans l'étude des perceptions, on n'a pas jusqu'ici distin-gué assez soigneusement entre la notion de *signe* et celle d'*image*.

Pour qu'il y ait *image*, il faut que la représentation soit de même espèce que l'objet représenté; elle n'est image qu'à cette condition. Une statue est l'image d'un homme, en tant qu'elle imite par sa forme la forme de celui qu'elle doit re-présenter. Quand même il s'agirait d'une statuette de dimen-sion réduite, les dimensions de l'original n'en sont pas moins toujours représentées par des dimensions.

Une peinture est l'image de l'original, parce qu'elle imite, d'une part, ses couleurs par des couleurs analogues, et, d'au-tre part, parce qu'elle imite une partie de ses dimensions, celles qu'il présente en perspective, par des proportions corres-pondantes.

Les excitations nerveuses dans notre cerveau et les repré-sentations dans notre conscience peuvent être des images de ce qui se passe dans le monde extérieur, en tant que, par leur ordre chronologique, les représentations imitent l'ordre chronologique des faits et en tant qu'elles représentent l'éga-lité des objets par l'égalité des signes, de sorte que l'enchaî-nement des objets extérieurs se trouve reproduit.

Cette relation entre les objets et les représentations que nous nous en faisons suffit évidemment à notre intelligence, dans la tâche qu'elle se propose de rechercher les analogies qui existent au milieu de la diversité que présente le monde extérieur, et de les réunir pour en former des idées où des lois. Je montrerai dans la troisième partie de cet exposé que cette relation répond également à tous les besoins de la pra-tique.

Il est incontestable que les personnes sans éducation, qui sont

habituées à accorder une confiance entière au témoignage de leurs sens, ne sont pas les seules qui seront peu disposées à admettre un si grand désaccord entre les qualités de la sensation et celles de l'objet qui lui donne lieu ; les personnes instruites, qui connaissent l'existence des illusions des sens, n'auront peut-être pas moins de peine à se déclarer convaincues. Les physiciens n'ont-ils pas hésité longtemps et n'ont-ils pas fait et épuisé toutes sortes d'objections avant d'admettre l'identité entre les rayons de lumière et de chaleur, dont la différence essentielle paraissait résider dans la nature de la sensation produite ? Si Gœthe, comme je l'ai dit ailleurs, se refusait à admettre la théorie des couleurs de Newton, cela ne tenait-il pas surtout à ce qu'il ne pouvait s'imaginer que le blanc, qui donne la sensation de la lumière la plus claire, pût être composé par des couleurs plus foncées? Ce fait, découvert par Newton, fut le germe de la nouvelle doctrine des énergies des sens ; aussi son contemporain John Locke a-t-il pu exposer, avec une exactitude parfaite, les principales propositions relatives à la signification des qualités perceptibles par les sens. C'est manifestement ici que se trouve la pierre d'achoppement pour beaucoup de personnes, et pourtant je ne rencontre nulle part l'opinion contraire formulée avec assez de précision pour qu'il soit possible d'en démontrer la fausseté. Il me semble que cela tient à ce que les causes de dissidence reposent sur des motifs d'un ordre plus fondamental.

Remarquons tout d'abord qu'il faut avoir bien soin de ne pas confondre *paraître* et *apparaître*. Les couleurs que présentent les corps apparaissent par suite de certaines différences objectives dans la nature des corps ; ainsi, même au point de vue scientifique, elles ne sont pas de *vaines apparences*, bien que la manière dont elles apparaissent, dépende principalement de la nature de notre appareil nerveux. Il n'y a *apparence trompeuse* que lorsque l'on confond l'apparence normale d'un objet avec celle d'un autre. Or, c'est ce qui n'a pas lieu dans la vision des couleurs ; elles n'ont aucune manière d'apparaître, que nous puissions appeler normale, par rapport à la manière dont elles apparaissent à l'œil.

La difficulté principale me paraît résider ici dans la notion de *propriété*. Tout devient clair dès qu'on s'est convaincu qu'en général, toute *propriété* ou *qualité* d'un objet n'est en réalité autre chose que l'aptitude de cet objet à produire certaines actions sur d'autres objets. L'action se produit soit entre les particules analogues du même corps, d'où résultent les différences de l'état d'agrégation, soit, comme les réactions chimiques, entre particules des deux corps différents, soit enfin sur les organes de nos sens, et elle se manifeste alors par des sensations analogues à celles qui nous occupent ici. Nous donnons à une pareille action le nom de *propriété*, quand nous sous-entendons le réactif sur lequel l'effet se produit. Quand nous parlons de la solubilité d'une substance, nous voulons parler de la manière dont elle se comporte par rapport à l'eau ; quand nous parlons de sa pesanteur, il s'agit de la force qui l'attire vers la terre : c'est avec le même droit que nous disons qu'une substance est bleue, parce que nous sous-entendons, comme inutile à dire, qu'il ne s'agit que de l'effet qu'elle produit sur un œil normal.

Mais puisque ce que nous appelons propriété est toujours une relation entre deux choses, une pareille action ne peut évidemment pas dépendre uniquement de la nature de la chose qui agit ; il faut bien qu'elle dépende aussi de la nature de la chose sur laquelle l'effet se produit. Ainsi, ce serait un non-sens de vouloir parler des propriétés de la lumière en elle-même, de celles qu'elle posséderait indépendamment de tout autre objet, et de s'attendre à retrouver ces propriétés dans la sensation de l'œil. C'est un contre-sens logique que d'admettre de pareilles propriétés ; il ne peut rien exister de pareil ; il ne peut donc exister de conformité entre la sensation des couleurs et de pareilles qualités propres à la lumière.

On conçoit que ces réflexions se soient imposées depuis longtemps à plusieurs profonds penseurs ; on les trouve nettement exprimées par Locke et par Herbart, et elles entrent parfaitement dans l'ordre des idées de Kant. Pour se rendre maître de ce sujet, il fallait peut-être jadis une faculté d'abstraction remarquable, tandis qu'il s'agit de notions dont l'évidence devient pour ainsi dire palpable, grâce aux faits que nous avons exposés.

Après cette excursion dans le domaine des abstractions, revenons aux couleurs, et examinons-les en tant qu'elles sont les *signes sensuels* de certaines propriétés extérieures appartenant soit à la lumière, soit aux corps qui la réfléchissent. Pour qu'un signe soit bon, nous lui demandons tout d'abord d'être constant, c'est-à-dire que le même objet soit toujours accompagné du même signe. Or, nous avons déjà vu que, même sous ce rapport, les sensations colorées laissent quelque chose à désirer. Elles ne sont pas tout à fait uniformes dans le champ rétinien ; mais le mouvement constant du regard fait éviter ici l'écueil par le même procédé qui a servi pour remédier aux inégalités dans la netteté de l'image rétinienne. Cette manière dont nous nous y prenons pour regarder les objets rend le défaut moins sensible.

Nous avons vu ensuite que, par suite de fatigue, l'*intensité* de l'excitation peut subir rapidement des variations considérables. Ici encore le mouvement constant du regard a généralement pour effet de répandre la fatigue également sur tout le champ rétinien ; de sorte qu'il arrive rarement que des images accidentelles bien précises viennent à se former, si ce n'est parfois en présence d'objets très-lumineux, tels que le soleil ou des flammes très-brillantes.

Or, lors de la fatigue uniforme de toute la rétine, l'intensité et les couleurs des objets que nous regardons varient à peu près de même pour tous, et la fatigue produit simplement le même effet que si l'éclairage diminuait peu à peu.

Cela nous conduit à étudier les variations que subissent les images visuelles lorsque l'éclairage des objets vient à varier.

Nous rencontrons encore ici des faits instructifs. Nous pouvons voir les objets du monde extérieur avec un éclairage dont l'intensité varie dans des proportions énormes : la lumière solaire la plus éblouissante est 150 000 fois plus intense que la lumière de la pleine lune. La couleur de l'éclairage peut aussi changer sensiblement, soit que nous fassions usage de l'éclairage artificiel de flammes qui répandent toujours une lumière plus ou moins jaune rougeâtre, soit que nous nous trouvions dans l'ombre verdâtre du feuillage des bois ou dans une chambre garnie de rideaux et de tentures fortement colorées. L'intensité et la couleur de la lumière que les corps éclairés envoient à notre œil varient évidemment avec l'intensité et la couleur de l'éclairage. On sait que la différence entre la couleur des objets provient de ce que les différents corps renvoient et absorbent inégalement la lumière des différents rayons simples du soleil. Le cinnabre renvoie, sans les affaiblir sensiblement, les rayons dont la longueur d'onde est considé-

nais il ne réfléchit que faiblement tous les autres C'est pour ce motif qu'il nous apparaît avec une colo-uge, celle des rayons qu'il renvoie à l'œil. Si nous ns avec une lumière qui ne contienne pas de rouge, il resque noir.

lte de là que la couleur et l'intensité apparentes des :lairés doivent varier avec la couleur et l'intensité de ge. L'expérience de tous les jours nous fournit cent s de ce fait, qui fournit aux peintres un important sujet et sur lequel reposent beaucoup de leurs plus brillants

e qui nous intéresse le plus dans la vision, c'est de er et de reconnaître les objets qui nous entourent; t au plus si, du point de vue esthétique ou physique, rtons parfois notre attention sur l'éclairage. Or, ce de constant dans la couleur d'un objet, ce n'est ni é, ni la couleur de la lumière qu'il envoie à notre s la relation entre les intensités des différents élé-lorés de cette lumière et les intensités des éléments ndants dans l'éclairage. Cette relation est seule l'expres-le propriété constante de l'objet.

ssence de ces considérations théoriques, on croirait re être extrêmement difficile d'apprécier la couleur et quand l'éclairage varie. Nous voyons au contraire atique, l'appréciation des couleurs se fait avec la plus ûreté, même sans réfléchir, et dans les conditions les lées. Éclairé par la lune, le papier blanc est plus e le velours noir en plein jour; pourtant, nous n'hé-mais à reconnaître le papier comme blanc et le ve-nme noir. Bien plus, si un objet gris, éclairé par le fléchit une lumière de la même couleur et peut-être la même intensité qu'un objet blanc ombragé, c'est ce s avons bien plus de peine à reconnaître quel'identité lleur d'un papier blanc ombragé et d'un papier blanc ar le soleil. Le gris nous paraît spécifiquement diffé-blanc; il l'est aussi quand il constitue la couleur d'un r la surface d'un corps qui ne renvoie que la moitié nière doit être nécessairement constituée autrement d'un autre corps qui la renvoie en totalité. Et pour-ris éclairé peut fournir la même impression à la ré-le blanc ombragé. Les peintres emploient du gris résenter le blanc situé à l'ombre, et s'ils procèdent nent, l'objet représenté paraît parfaitement blanc. persuader matériellement de l'identité de la couleur t du blanc, il suffit d'éclairer fortement, au moyen ntille, un disque gris entouré d'un fond blanc, de que les limites de l'éclairage coïncident avec celles te, ce qui empêche la nature artificielle de l'éclai-se manifester. Alors le disque gris paraît aussi blanc ond.

pouvons admettre, — certains phénomènes de con-ous y autorisent, — que l'éclairage du blanc le plus pur rnit la mesure pour juger les objets foncés qui se à côté, parce que, dans les conditions ordinaires, l'in-e toutes les couleurs diminue uniformément quand ge devient plus faible ou que la fatigue de la rétine te.

es degrés d'éclairage extrêmes, cette uniformité de persiste objectivement, mais ne se retrouve pas dans ion. Quand l'éclairage est éblouissant, les différences té des parties claires deviennent peu saisissables à la sensation; quand l'éclairage est très-faible, ce sont au contraire les intensités des objets les plus foncés qui deviennent insaisissables à leur tour. Ainsi, à l'éclairage du soleil, les couleurs des objets d'intensité moyenne s'approchent davantage des couleurs des objets les plus clairs, tandis qu'à l'éclairage de la lune, elles se rapprochent de celles des corps les plus foncés. Les peintres profitent de cette différence pour représenter l'éclairage par le soleil et celui par la lune. Les tableaux, généralement faits pour être regardés en plein jour, ne comportent pas, dans l'intensité moyenne des objets, une différence aussi grande que celle entre les lumières du soleil et de la lune. Pour exprimer l'éclairage du soleil, les peintres sont obligés de pousser au clair les teintes des objets d'intensité moyenne; tandis que pour représenter l'éclairage de la lune, ils poussent au sombre la teinte de ces mêmes objets. Il est encore une autre différence qui repose sur la sensation. Quand l'intensité de l'éclairage augmente, l'impression du rouge et du jaune augmente plus vite que celle du bleu. Si l'on assortit d'intensité un papier bleu et un papier rouge en plein jour, l'égalité d'intensité ne persiste pas dans les différents éclairages; au soleil, le rouge paraît plus intense, tandis qu'à la lumière de la lune ou des étoiles, le bleu prédomine. La même différence existe pour les couleurs spectrales; aussi les peintres donnent-ils une teinte jaunâtre à leurs paysages éclairés par le soleil, et poussent-ils au bleu ceux qui sont destinés à représenter des effets de lune.

Ce qui précède montre à quel point notre appréciation des couleurs est devenue indépendante de l'intensité absolue de l'éclairage. De même, nous avons coutume de faire à peu près complétement abstraction de l'influence exercée par la couleur de l'éclairage. Nous savons, jusqu'à un certain point, que la lumière des bougies est jaune rougeâtre par rapport à celle du jour; mais pour voir combien la différence entre ces deux lumières est considérable, il faut les voir avec la même intensité simultanément et l'une à côté de l'autre, ainsi que cela a lieu dans l'expérience des ombres colorées. Laissons pénétrer dans une chambre obscure, à travers un petit trou, la lumière d'un ciel couvert, c'est-à-dire la lumière affaiblie du jour, ou bien la lumière de la lune, et tenons horizontalement un papier blanc, de manière que la lumière tombe obliquement sur ce papier; laissons arriver, d'autre part, la lumière d'une bougie sur le papier. Alors une baguette tenue perpendiculairement au papier donne deux ombres : l'une, où la lumière du jour ne parvient pas et que la bougie seule éclaire, est jaune rougeâtre et paraît telle; l'autre, projetée par la bougie, et où la lumière du jour parvient seule, est blanche, mais paraît bleue par le contraste. Le bleu et le jaune rougeâtre des deux ombres sont les couleurs auxquelles nous donnons le nom de blanc, suivant que l'éclairage dominant est celui du jour ou celui des bougies. Quand ces deux couleurs se trouvent l'une à côté de l'autre, elles paraissent très-différentes et même assez saturées. Et pourtant nous n'hésitons jamais à reconnaître le papier blanc comme tel à l'éclairage des bougies et à le distinguer d'avec un papier jaune d'or.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans cette série de phénomènes, c'est que nous ne confondons pas la couleur d'une couverture transparente colorée avec celle des objets situés derrière elle, ainsi que cela ressort de toute une série de phénomènes de contraste très-intéressants. Bien plus, quand on regarde à travers un voile vert, il peut arriver que des objets blancs, dont la lumière est mêlée de vert par son passa

travers le voile, paraissent rougeâtres par la formation de la couleur accidentelle du vert, qui est rougeâtre. Cette expérience montre jusqu'à quel point nous séparons la lumière propre des objets, et celle d'un transparent derrière lequel nous les apercevons (1).

On nomme *phénomènes de contraste*, les changements de couleur analogues à ceux signalés dans les deux dernières expériences. Pour la plupart, ce sont des illusions relatives à la couleur des objets et attribuables à des images accidentelles mal délimitées. On appelle *contraste successif*, celui qui se produit ainsi lorsqu'on regarde successivement des objets colorés. Mais les phénomènes de contraste reposent aussi en partie sur ce que l'habitude d'apprécier les couleurs des objets d'après les relations d'intensité et de couleur des différents objets vus simultanément peut nous tromper, quand les relations s'écartent de l'ordinaire. C'est ce qui a lieu, par exemple, quand nous sommes en présence de deux éclairages ou de transparents colorés, ou que nous nous figurons être en présence de pareilles conditions. Alors se produit le *contraste simultané*. Dans l'expérience des ombres colorées, par exemple, le fond doublement éclairé, qui est le plus clair des objets en présence, nous donne une fausse mesure pour le blanc : comparé avec ce blanc, le véritable blanc d'une des ombres qui est moins intense nous paraît bleu. Ce qui augmente encore l'effet de ces contrastes, c'est que les différences de sensation nous paraissent plus grandes, quand elles sont nettement perceptibles, que dans le cas contraire. Or, les différences entre les couleurs que nous voyons simultanément sont nettement perceptibles en comparaison de celles que nous ne pouvons comparer que de mémoire ; les différences entre les couleurs d'objets voisins dans le champ de vision sont nettement perceptibles en comparaison de celles entre des couleurs d'objets moins rapprochés. Tout cela est loin d'être sans influence. Nombre de circonstances des plus variées, dont l'étude détaillée jette un jour sur les motifs d'après lesquels nous jugeons des couleurs des objets, forment un chapitre que nous devons nous borner à signaler ici. Ce sujet est d'ailleurs tout aussi intéressant pour la théorie de la peinture que pour la physiologie, car les peintres exagèrent très-souvent à dessein des phénomènes naturels de contraste, pour faire ressentir au spectateur des différences d'intensité et de saturation plus considérables que celles dont les couleurs de leur palette permettraient d'obtenir la représentation.

Nous voici arrivés à la fin de la théorie des sensations. Il résulte de notre étude que les qualités des sensations visuelles ne sont autre chose que des signes relatifs à certaines différences qualitatives, soit de la lumière, soit des objets éclairés, mais ne possèdent pas une signification objective exactement correspondante ; nous avons même trouvé que ces signes sont loin de présenter avec une exactitude complète la constance, cette qualité essentielle d'un système de signes : tout ce que nous avons seulement pu dire en leur faveur, c'est que *sous les mêmes conditions*, les mêmes sensations qualitatives sont développées par les mêmes objets. Malgré tout, nous trouvons finalement que ce système de signes suffit pour nous mettre en état de reconnaître constamment et partout les couleurs avec une exactitude suffisante, étonnante même, si l'on pense aux difficultés de cette tâche importante. Au milieu d'un sy constamment variable d'intensités et de couleurs, va avec l'éclairage, avec la fatigue de l'organe, avec la par la rétine affectée dans le moment, nous savons dégage chose constante, la couleur de l'objet, qui répond à la invariable de sa surface, et cette opération n'exige pa longue réflexion : elle est instantanée, et son résultat s'i à nous avec le caractère de l'évidence.

Ce que nous avons trouvé d'inexactitudes et d'imp tions dans l'appareil optique et dans l'image rétinienne plus rien en comparaison des incongruences que nous v de rencontrer dans le domaine des sensations. On po dire que la nature se soit complu à accumuler les cont tions pour enlever tout fondement à la théorie d'un monie préexistante entre le monde extérieur et le n intérieur.

Avons-nous approché du but de notre étude ? On po croire le contraire : le problème s'étant compliqué, i blerait que nous devions renoncer à découvrir enfin co se fait la vision. Cependant ne reprochons pas à la s de dépeupler, par une critique stérile, le beau domaine sens ; ne nous roidissons pas sur un prétendu sens co pour accorder une confiance plus grande au témoign nos sens qu'aux résultats de la physiologie.

Il nous reste à faire l'étude des notions d'espace. Vo dans ce dernier chapitre, la science ne finira point p tifier la confiance que nous attribuons au témoignage sens.

H. HELMHOLTZ,
Professeur à l'université de He

— Traduit de l'allemand par le Dr E. JAVAL. —

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

VIII

Théorie physiologique de l'anesthésie (suite). — mie cérébrale. — L'action anesthésique descen influence du cerveau dans la moelle épinière, elle ne remonte pas en sens inverse. — L'ane sie laisse subsister les propriétés des nerfs mot — Comparaison entre l'anesthésie et la mort relle du nerf sensitif ; ce nerf doit toujours atteint par son extrémité centrale, et la perte d propriétés commence toujours à son extrémité phérique.

Nous avons examiné dans la séance dernière la qu relative à la circulation cérébrale pendant la durée de l' thésie, et nous avons indiqué les recherches récentes qu duisent à rejeter l'idée ancienne de la congestion du ce pendant le sommeil naturel et le sommeil anesthésique.

Afin de pouvoir nous prononcer en connaissance de c

---

(1) Voyez une série d'expériences de ce genre dans mon *Optique physiologique*, pages 398-400, 404-411 (pages 523-525 et 530-538 de la traduction française).

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295 et 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars, 10 et 17 avril 18 les numéros indiqués à la note de renvoi, page 98.

ons répété quelques expériences dont je vais vous les résultats.

un lapin sur lequel on a pratiqué avec une rugine, ı boîte crânienne, un trou circulaire ayant à peu près ensions d'une pièce de 50 centimes ou même un peu puis, les fragments d'os une fois enlevés, on a incisé -mère, et l'on a découvert alors la surface du cerveau des nombreux vaisseaux de la pie-mère.

erveau ainsi mis à nu, il est facile de constater qu'il est sé quand il contient beaucoup de sang, et moins rose, lle, quand il en contient moins; c'est là une consé- évidente de la coloration rouge du sang, qui doit né- ement teindre d'une nuance rose plus ou moins accusée ties pâles ou incolores où il se distribue en quantité moins grande. On peut donc suivre sans aucune peine, ers de cette fenêtre crânienne, toutes les variations de ularisation cérébrale.

d l'animal est dans son état ordinaire, la teinte du u est peu rosée; mais lorsqu'il fait des efforts plus ou violents, exagère l'énergie de ses mouvements, pousse , se livre à une agitation quelconque, on voit aussitôt nde abondance de sang dans le cerveau; tous les vais- augmentent de volume et prennent une teinte plus , qui recouvre ainsi toute la surface cérébrale : il y a pérémie très-marquée. En même temps, par une con- ce de ces premiers phénomènes, le cerveau lui-même, plus rouge et gonflé de sang, fait saillie hors de la boîte ne par l'ouverture qu'on y a pratiquée, et il en résulte rte de hernie. Le tout disparaît lorsque l'animal rede- lme.

inons maintenant ce qui se passe lorsque nous sou- s ce lapin à l'influence du chloroforme ou de l'éther. noment où l'on administre l'anesthésique, on voit d'abord pérémie cérébrale avec les caractères que nous venons rire. Le cerveau rougit, se gonfle et fait hernie par de trépan. Mais bientôt les phénomènes changent : ie rentre dans la boîte crânienne, le cerveau reprend ume normal, sa teinte diminue progressivement, et en de temps il devient sensiblement plus pâle qu'à dinaire, avant l'expérience. Les membres sont alors en ésolution et complétement insensibles. Si l'opération ès-laborieuse, ou si l'on répète plusieurs fois de suite ence, il peut en résulter une meurtrissure de la sub- cérébrale herniée, qui alors ne se dégorge plus et ne même plus dans la cavité crânienne. Ce sont là des d'erreurs qu'il faut avoir soin d'éviter dans ces expé- , qui sont d'ailleurs assez délicates à exécuter.

a donc deux phases successives et parfaitement dis- , ou plutôt opposées, dans l'état de la circulation céré- ous l'influence des anesthésiques. La première phase ond aux expériences où l'on a trouvé de l'hypérémie; la , aux expériences qui ont montré au contraire le cer- n état d'anémie. J'insiste sur ces contradictions des nces, parce qu'il faut toujours en arriver à les expliquer conditions différentes, comme nous venons encore de dans ce cas.

pérémie correspond à l'agitation qui marque le com- nent de l'administration de l'agent anesthésique ; mais point un état spécial puisqu'on peut le reproduire au- , par exemple, en faisant tout simplement crier l. Nous avons déjà vu, en effet, que cette agitation observée aux premières atteintes du chloroforme ou de l'éther tient à une irritation spéciale tout à fait distincte de l'influence anesthésique, et que, dans cette première période, il en résulte des phénomènes étrangers à l'anesthésie.

Au contraire, pendant la période de résolution et d'insensibilité complète, qui est celle de la véritable anesthésie, on observe une anémie plus marquée qu'à l'état normal. Nous avons déjà dit, dans la dernière séance, que ce résultat concordait parfaitement avec ce que nous savions sur l'état relatif de la circulation dans les organes en fonctionnement ou en repos. Pendant leur période d'activité, les organes reçoivent beaucoup de sang; pendant leur période de repos, ils en reçoivent beaucoup moins. L'anesthésie, étant la suppression de la sensibilité, représente certainement, pour le système nerveux sensitif, une période de repos absolu, et il est dès lors tout naturel qu'elle soit accompagnée d'une anémie du cerveau.

La question de la vascularisation cérébrale pendant l'anesthésie me paraît donc résolue expérimentalement. Il faut abandonner l'idée ancienne de la congestion du cerveau, et accepter l'idée nouvelle introduite dans la science, à savoir, que l'anesthésie s'accompagne d'une anémie cérébrale.

Mais quelle est la signification de cette anémie cérébrale? Serait-elle la conséquence d'une influence spéciale de l'anesthésique sur les nerfs vaso-moteurs? Est-elle la cause de l'anesthésie?

Il est certain que l'anémie cérébrale peut produire l'insensibilité dans une certaine mesure. Quand le cerveau devient exsangue sous l'influence d'une cause quelconque, le fonctionnement du système nerveux sensitif est interrompu. On avait même essayé de profiter de ce fait pour obtenir l'anesthésie par la simple compression des artères carotides, qui alimentent le cerveau, et ce mode opératoire a été autrefois tenté d'une manière générale, pour produire, soit l'anesthésie complète, soit l'anesthésie locale (1).

Quoi qu'il en soit, je ne pense pas que l'anémie cérébrale que nous avons observée suffise pour expliquer l'anesthésie. Il est vrai que, pendant l'anesthésie, le cerveau contient un peu moins de sang que dans les conditions ordinaires; mais cette diminution vasculaire ne dépasse pas l'état d'un organe simplement au repos. Il y a encore dans le cerveau bien assez de sang pour entretenir les fonctions nerveuses, et permettre au système sensitif de réagir aux excitations extérieures, comme il le ferait en sortant d'un repos normal. D'un autre côté, ce sang anesthésique contient bien assez d'oxygène pour produire ses effets ordinaires, puisque certaines analyses en ont même indiqué une proportion supérieure à la proportion normale.

Il y a donc autre chose que de l'anémie cérébrale dans l'anesthésie. Nous avons dû poser cette question préliminaire; mais ce n'est point là cependant qu'il faut chercher la solution du problème anesthésique.

A mon avis, l'anesthésie dépend immédiatement et directement de la présence du chloroforme dans le sang et de son action spéciale sur les éléments nerveux. Les modifications vasculaires ne sont que des accidents qui accompagnent le phénomène, sans constituer son essence ... ener tout simplement l'anesthésie à une anémie d... e serait

(1) Voyez ci-dessus, leçon V, page 259, à la n... ars 1869.

la même chose que de considérer l'ivresse uniquement comme une conséquence des modifications de la vascularisation générale qu'on observe toujours pendant sa durée. Non, il y a certainement autre chose que cela. L'ivresse tient à la présence de l'alcool dans le sang et à son action directe sur les éléments nerveux ; il en est de même pour l'anesthésie, qui présente certains rapports avec l'ivresse.

Afin de nous rendre compte du mécanisme de l'anesthésie, rappelons une expérience fondamentale faite dans les précédentes leçons.

Une grenouille était liée par le milieu du corps à la hauteur du sacrum. La ligature interrompt complétement la circulation du train antérieur au train postérieur. Les deux parties de l'animal ne communiquent plus entre elles que par les nerfs lombaires, qui transmettent dans les membres postérieurs l'influence de la moelle épinière et du cerveau.

Dans ces conditions, quand on anesthésie l'animal dans le train antérieur, les nerfs sensitifs qui se distribuent aux membres postérieurs sont atteints par l'agent anesthésique par influence; c'est-à-dire que le chloroforme n'a été mis en contact qu'avec leur origine dans la moelle épinière, et cependant ils ont été anesthésiés dans toute leur étendue périphérique. (Voyez ci-dessus, leçon VII, page 311 et suivantes, numéro du 17 avril 1869.)

Changeons maintenant le lieu de cette ligature; plaçons-la un peu plus haut, immédiatement sous la naissance des membres antérieurs, à la hauteur de la bifurcation de l'aorte. Aux autres points de vue, l'expérience reste disposée de la même manière ; la ligature embrasse toutes les parties molles du corps, sauf la moelle épinière, qui continue à faire communiquer ensemble les deux parties du corps que la ligature a divisées, tandis que les communications par le système circulatoire ont été interceptées.

Introduisons alors du chloroforme dans la partie antérieure, qui se trouve maintenant réduite à la tête et à la région supérieure de la poitrine. Le chloroforme ne touchera que la partie antérieure de la moelle, et n'atteindra pas la partie postérieure, située en dessous de la ligature.

Cependant l'anesthésie se produit encore, non-seulement dans la tête et les pattes de devant, qui reçoivent du chloroforme, mais aussi dans le tronc et les pattes de derrière, qui sont innervés par des nerfs sensitifs partant de la région de la moelle épinière où le chloroforme n'a pu arriver. Ces nerfs sensitifs n'ont donc pas subi le contact de la substance anesthésique, même à leur extrémité dans la moelle épinière; les centres nerveux seuls ont été touchés, et les nerfs sensitifs de la région postérieure du corps, restés complétement à l'abri de l'action directe du chloroforme, n'ont pu être atteints que par l'influence des centres nerveux qui leur a transmis l'anesthésie.

Cette expérience semble donc conduire à cette conclusion, que le cerveau anesthésie par influence la moelle épinière et, par suite, les nerfs sensitifs qui en émergent.

Faisons maintenant l'expérience inverse. Chez une grenouille préparée de la même manière, avec la ligature au même endroit, c'est-à-dire immédiatement sous la naissance des membres antérieurs, on introduit du chloroforme, non plus au-dessus de la ligature, mais au-dessous, dans la région postérieure du corps.

La circulation capillaire, bien qu'isolée de la circulation générale, subsiste encore dans ces parties, l'imbibition peut
encore s'y faire; le chloroforme, introduit dans le trai
térieur du corps, peut donc s'y répandre, et atteindr
la partie inférieure de la moelle épinière, située au-d
de la ligature.

Que se produit-il dans ces circonstances? La région
rieure de la moelle épinière, exposée au contact du c
forme, est anesthésiée, et cette anesthésie s'étend natu
ment à toute la partie postérieure du corps, qui reç
nerfs sensitifs émanés de la portion chloroformée de la
épinière. Mais la tête et les parties supérieures du corp
tées au-dessus de la ligature et placées par elle à l'al
contact du chloroforme, ne sont pas atteintes : elles c
vent toute leur sensibilité.

La moelle épinière n'a donc pas ici sur le cervea
fluence que nous avons vu tout à l'heure le cerveau e
sur elle. Quand la moelle est anesthésiée, elle ne pe
transmettre cette anesthésie au cerveau, comme le c
lui transmet la sienne ; la partie inférieure de la moell
nière n'a même pas le pouvoir d'anesthésier la partie
rieure quand celle-ci échappe à l'action directe du c
forme.

En un mot, dans le système nerveux sensitif, l'influe
paraît pas pouvoir remonter vers les centres, tandis qu'
descend, et le cerveau joue le rôle d'un centre princip
peut influencer les centres secondaires de la moelle épi
mais qui ne peut être influencé par eux.

Nous allons maintenant répéter devant vous, sur de
nouilles, avec de l'eau éthérée, les expériences que
venons de décrire.

Il est clair que ces expériences ne peuvent se faire q
des animaux à sang froid. Chez des animaux à sang c
elles seraient absolument impossibles, car une pareille
ture arrêterait la circulation et ferait perdre tout de
aux tissus leurs propriétés vitales. Chez les animaux à
froid, au contraire, les propriétés vitales survivent long
à l'altération de leurs conditions normales. Aussi la gren
qu'on peut se procurer partout facilement, est-elle un
précieux pour les expériences physiologiques.

Voici une grenouille, préparée comme il a été di
haut, qui reçoit une solution aqueuse d'éther sous la pe
la tête. Vous voyez qu'au bout de trois à quatre minut
mouvements réflexes normaux ne se produisent plus lors
pince les pattes de derrière.

L'anesthésie, sous l'influence du chloroforme ou de l'
permet souvent de suivre la marche successive des p
mènes, de manière à en tirer des résultats fort intéressa
fort instructifs pour la physiologie du système nerveux.
en avez ici un exemple.

Vous voyez en ce moment que cette grenouille ne
feste plus de mouvements réflexes lorsqu'on pince ses
de derrière, et cependant elle peut encore exécuter des
vements volontaires. On sait, en effet, par des expéri
déjà anciennes, que, dans les cas où les propriétés du sy
sensitif doivent disparaître, la perte de la sensibilité se
duit d'abord à l'extrémité périphérique des nerfs pou
monter ensuite le long de ce nerf jusqu'à la moelle épi
et continuer ensuite à remonter la moelle de manière
gner enfin le cerveau.

Quand cette perte de la sensibilité atteint, dans sa m
ascendante, la partie inférieure des nerfs de la moell
nière qui innervent les pattes de derrière, il ne peut p

uire de mouvements réflexes lorsqu'on pince ces pattes, ue la transmission de l'irritation sensitive à la moelle ère, — centre du mouvement réflexe qu'il s'agit de pro-r, — est devenue impossible. Au contraire, une action aire partant du cerveau n'a besoin, pour produire un ement dans les pattes postérieures, que de parcourir le ne moteur, et, comme ce système est resté parfaite-intact, l'action volontaire se transmet sans obstacle es membres où les mouvements réflexes sont devenus sibles.

i le grand centre nerveux sensitif, le centre des cen-c'est le cerveau. A ce titre, il réagit sur la moelle re, — qui, en même temps qu'elle est un centre en elle-, joue aussi par rapport à lui le rôle d'un nerf, — de la manière que la moelle épinière réagit à son tour sur rfs sensitifs.

r que l'anesthésie se produise, il faut donc que l'éther chloroforme touche un centre nerveux, et, cette con-une fois remplie, l'anesthésie en résulte dans toutes rties du système sensitif placées sous la dépendance du nerveux atteint.

quelle est l'action produite sur le centre nerveux me? Nous ne pouvons pas le dire encore et nous réserver notre jugement. Cependant ce qu'il faut affir-ut de suite, c'est qu'il y a là une action élective toute le portant exclusivement sur les éléments sensitifs du e nerveux.

i une grenouille que nous venons d'anesthésier. Vous qu'elle est complétement insensible aux excitations te absolument inerte, malgré les pincements les plus ques. Cependant, chez cette grenouille qui semble , les nerfs moteurs ont conservé leurs propriétés exci-es ordinaires.

r le montrer, mettons à nu le nerf sciatique, nerf qui comprend à la fois un tronc sensitif et un tronc r. Les filets sensitifs sont anesthésiés; mais les filets rs ont conservé leurs propriétés normales, et, si nous ns le nerf avec un courant électrique, nous provoque-les mouvements dans la patte correspondante abso-t comme chez une grenouille saine.

i le chloroforme qui circule dans la moelle épinière it l'anesthésie, et ne détruit que les propriétés des s postérieures sensitives en respectant les racines anté-s motrices. Je ne dirai pas que c'est là un fait éton-car il a des analogies; mais c'est un fait très-remar-e et qui mérite d'attirer toute l'attention du physiologiste. narche progressive de l'anesthésie dans le système sen-ait déjà connue par des expériences anciennes, notam-celles de Flourens et de M. Longet; mais j'ai essayé le er, je crois, de rattacher ces phénomènes aux lois de la logie générale.

erf sensitif se compose essentiellement d'un cylindre nce filament le long duquel cheminent les irritations ves; le cylindre axe est entouré d'une substance albu-le, semi-fluide et transparente pendant la vie, qu'on la moelle nerveuse; enfin, le tout est enfermé dans ine ou tube. Le filament nerveux part d'une cellule olaire de la moelle, ayant généralement une forme laire. A peu de distance de sa sortie de la moelle, la sensitive est caractérisée par un renflement, appelé le on intervertébral, qui renferme les cellules nerveuses trophiques. Enfin, à son extrémité périphérique, le nerf sen-sitif se termine, suivant les organes où il se rend, par des formations diverses sur lesquelles il est inutile de nous ar-rêter ici.

Comment se produit la mort naturelle de ce nerf sensitif ainsi constitué? Nous insistons toujours sur les conditions de la mort naturelle d'un élément pour bien montrer que toutes ces conditions, quel que soit leur mécanisme, amènent la ces-sation des propriétés vitales de l'élément suivant la même loi: ce qui prouve ce fait, d'une importance fondamentale, que les phénomènes physiologiques, pathologiques, toxiques ou thé-rapeutiques, se rattachent à une loi commune.

Il faut, pour amener la mort, que les conditions de la vie soient supprimées. Or, deux choses sont nécessaires à la vie: un organisme et un milieu convenable. Il suffit donc de sup-primer l'une de ces deux choses pour que la vie s'arrête.

Occupons-nous du cas dans lequel, sans altérer l'organisme ou l'élément, nous enlevons simplement le milieu normal qui l'entoure. C'est là ce que j'appelle la mort naturelle de l'animal ou de l'élément.

Mais quel est le milieu normal du nerf sensitif? C'est le sang. Il faut donc lui enlever le sang, et il mourra naturelle-ment par suite de la simple soustraction d'une des deux con-ditions nécessaires à sa vie. Mais comment faut-il lui enlever le sang pour obtenir ce résultat?

Il ne suffit pas d'agir à un endroit quelconque du nerf sen-sitif; si l'on ne supprimait le sang qu'à son extrémité périphé-rique, le nerf sensitif ne mourrait pas. Il pourra bien se pro-duire un refroidissement ou même une coagulation locale de la matière nerveuse entraînant un certain ralentissement ou même une perte locale dans les fonctions nerveuses; mais ce ne sera pas du tout une mort générale du nerf sensitif.

Si c'était une véritable mort du nerf sensitif, elle devrait se propager et envahir rapidement le nerf dans sa totalité. Or, j'ai montré par de nombreuses expériences qu'il n'en était pas ainsi. En pratiquant une ligature sur un membre, la sen-sibilité persiste au-dessus de la ligature; elle finit sans doute par disparaître lorsqu'arrivent l'altération locale du nerf et la rigidité cadavérique; mais il est clair qu'on a alors affaire à des phénomènes d'un tout autre ordre.

Au contraire, si l'on supprime le sang à l'origine médul-laire du nerf sensitif, ce nerf perdra rapidement ses proprié-tés dans toute son étendue. Mais, ce qu'il importe surtout de bien établir, c'est que dans ce cas, comme dans l'action des agents anesthésiques, le nerf sensitif, atteint par son extrémité centrale, commencera à mourir par son extrémité périphé-rique, et perdra, en un mot, sa sensibilité de la périphérie au centre. Si l'on s'était arrêté aux apparences de probabilité, on aurait certainement été porté à croire que le nerf, privé de sang à son extrémité centrale seulement, aurait dû perdre d'abord ses propriétés sensitives au centre; et vous voyez cepen-dant que ce serait là une erreur complète. Ce qui prouve bien qu'il faut toujours s'en référer à l'expérience.

Si maintenant, au lieu de provoquer la mort naturelle du nerf sensitif par soustraction du sang, nous produisons sa mort passagère sous l'influence du chloroforme (car l'anes-thésie n'est pas autre chose qu'une mort passagère du nerf sensitif, puisqu'elle consiste dans la suppression momentanée de ses propriétés), comment obtiendrons-nous cette mort pas-sagère? Toujours suivant la même loi, c'est-à-dire en viciant,

par l'agent anesthésique, le sang qui est porté à l'origine médullaire du nerf sensitif.

Il ne se produit pas autre chose sous l'influence du chloroforme. Le sang chloroformé a perdu ses propriétés nutritives et excitatrices normales pour les nerfs sensitifs. En ce qui concerne ces éléments, c'est donc absolument la même chose que s'ils ne recevaient plus du tout le contact du sang.

Nous insistons sur ce point, parce que nous verrons qu'il existe bien d'autres substances qui sont dans le même cas, c'est-à-dire qu'elles vicient ou suppriment le sang au point de vue d'un seul élément, tandis que le liquide sanguin conserve ses propriétés intactes vis-à-vis des autres éléments de l'organisme.

Or, pour fonder la médecine expérimentale, il faut avant tout connaître les procédés de la mort de chaque élément; car ce sont les mécanismes de la mort qui nous instruisent sur les mécanismes de la vie. C'est pour cela que l'histologie est le point de départ nécessaire de toutes ces recherches. Vous voyez aussi que nous avons raison, en étudiant la technique expérimentale, de ne pas faire seulement de la pratique empirique, mais de chercher à comprendre la nature des phénomènes que nous utilisons, puisque nous arrivons ainsi à déterminer scientifiquement les conditions de la pratique elle-même.

BULLETIN DES COURS

Muséum d'histoire naturelle.

SECTION D'HISTOIRE NATURELLE ET DE PHYSIOLOGIE DE L'ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES.

ENSEIGNEMENT DES SCIENCES APPLIQUÉES A L'AGRONOMIE.

Cours d'été, année 1869, commençant le 15 avril.

CHIMIE ORGANIQUE. — M. *Chevreul*, professeur (les mardis, jeudis et samedis, à neuf heures trois quarts du matin). — Répétiteur, M. *Cloëz*, aide naturaliste.

CHIMIE INORGANIQUE. — M. *Fremy*, professeur (les mardis et jeudis, à deux heures). — Répétiteur M. *Terreil*, aide-naturaliste.

GÉOLOGIE — M. *Daubrée*, professeur (les mardis, et samedis, à quatre heures). — Répétiteur M. *Meunier*, aide-naturaliste — Excursions géologiques.

MINÉRALOGIE. — M. *Delafosse*, professeur (à partir du 16 juin, les mercredis et vendredis, à deux heures un quart).—Répétiteur M. *Jannetaz*, aide-naturaliste.

HISTOIRE PHYSIOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE DES MAMMIFÈRES ET DES OISEAUX. — M. *Milne Edwards*, professeur (les mercredis et vendredis, à trois heures et demie, à partir du 21 avril). — Le professeur s'occupera principalement des animaux domestiques.—Répétiteur M. *Vaillant*, docteur ès sciences naturelles.

ENTOMOLOGIE. — M. *Blanchard*, professeur (les lundis, mercredis et vendredis, à une heure). — Le professeur traitera des caractères et de l'organisation des animaux articulés le vendredi de chaque semaine. Il fera l'histoire des insectes nuisibles aux céréales, aux plantes fourragères et aux plantes potagères, les lundis et mercredis. — Répétiteurs MM. *Lucas* et *Kunckel*, aides-naturalistes.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — M. *Claude Bernard*, professeur. — Ce cours se compose de deux parties : Première année, physiologie ; deuxième année, maladies des animaux. Ce dernier enseignement commencera le mardi 1[er] juin et se continuera les mardis et samedis, à une heure. — Répétiteur M. *Gréhant*, aide-naturaliste.

BOTANIQUE. — M. *Brongniart*, professeur. — Structure, mode d'existence et de propagation des champignons. — Leur classification. — Champignons parasites sur les végétaux vivants, leur action nuisible sur les végétaux cultivés. Les leçons sur ce sujet commenceront les mercredis, à partir du 30 juin, à neuf heures et demie. — Des conférences pratiques sur l'anatomie et l'organographie végétales auront lieu les lundis et samedis de deux heures à quatre heures, du 22 avril au 24 juillet. — Répétiteur M. *Gris*, aide-naturaliste.

CULTURE. — M. *Decaisne*, professeur. — Les leçons auront lieu les mardis, jeudis et samedis, à huit heures et demie du matin à partir du 15 avril. Herborisation les dimanches à partir du mois de mai ; deux conférences par semaine.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — M. *Georges Ville*, professeur.— Conférences sur la grande culture au champ d'expériences de Vincennes, le dimanche, à deux heures, à partir du 6 juin. Excursions agricoles.

EMPLOI DU TEMPS DES ÉLÈVES AGRONOMES.

Lundi.

Manipulations de chimie (M. FREMY), de huit heures à dix heures et demie. Dîner à onze heures précises. Temps libre jusqu'à une heure. — Cours d'*entomologie* (M. BLANCHARD), de une heure à deux heures. — Conférences de *botanique*. (M. BRONGNIART), de deux heures à quatre heures. Études particulières de cinq heures à sept heures. Souper à sept heures. Rentrée à dix heures au plus tard.

Mardi.

Cours de *culture* (M. DECAISNE), de huit heures à neuf heures et demie. — Cours de *chimie organique* (M. CHEVREUL), de neuf heures trois quarts à dix heures trois quarts. Dîner à onze heures précises. Temps libre jusqu'à une heure. — Cours de *physiologie* (M. CLAUDE BERNARD) ou interrogations, à une heure. — Cours de *chimie inorganique* (M. FREMY), de deux heures à trois heures. — Cours de *géologie* (M. DAUBRÉE), de quatre heures à cinq heures. Études particulières de cinq heures à sept heures. Souper à sept heures. Rentrée à dix heures au plus tard.

Mercredi.

Cours de *botanique* (M. BRONGNIART). Ce cours ne commencera qu'au 30 juin.— En attendant : Cours de *dessin*, de huit heures à dix heures et demie. Dîner à onze heures précises. Temps libre jusqu'à une heure. — Cours d'*entomologie* (M. BLANCHARD), de une heure à deux heures. — Cours de *minéralogie* (M. DELAFOSSE). Ce cours ne commencera qu'au 15 juin. En attendant : Interrogations, de deux heures un quart à trois heures et demie. — Cours de *zoologie. Mammifères et oiseaux* (M. MILNE EDWARDS), de trois heures et demie à cinq heures. Études particulières, de cinq heures à sept heures. Souper à sept heures. Rentrée à dix heures au plus tard.

Jeudi.

Cours de *culture* (M. DECAISNE), de huit heures à neuf heures et demie.—Cours de *chimie organique* (M. CHEVREUL), de neuf heures trois quarts à dix heures trois quarts. Dîner à onze heures précises. Temps libre jusqu'à une heure. — Cours de *chimie inorganique* (M. FREMY), de deux heures à trois heures et demie. — *Dessin*, de trois heures et demie à cinq heures. Études particulières, de cinq heures à sept heures. Souper à sept heures. Rentrée à dix heures au plus tard.

Vendredi.

Manipulations de chimie (M. FREMY), de huit heures à dix heures et demie. Dîner à onze heures précises. Étude libre jusqu'à une heure. — Cours d'*entomologie* (M. BLANCHARD), de une heure à deux heures.— Cours de *minéralogie* (M. DELAFOSSE) ou interrogations, de deux heures un quart à trois heures et demie. —Cours de *zoologie. Mammifères et oiseaux* (M. MILNE EDWARDS), de trois heures et demie à cinq heures. Études particulières, de cinq heures à sept heures. Souper à sept heures. Rentrée à dix heures au plus tard.

Samedi.

Cours de *culture* (M. DECAISNE), de huit heures à neuf heures et demie.—Cours de *chimie organique* (M. CHEVREUL), de neuf heures trois quarts à dix heures trois quarts. Dîner à onze heures précises. Etude libre jusqu'à une heure. — Cours de *physiologie* (M. CLAUDE BERNARD) ou dessin, de une heure à deux heures. — Conférences de *botanique*, de deux heures à quatre heures. — Cours de *géologie* (M. DAUBRÉE), de quatre heures à cinq heures. Études particulières de cinq heures à sept heures. Souper à sept heures. Rentrée à dix heures au plus tard.

Dimanche.

Herborisations. — Excursions agicoles. — Courses géologiques.

CULTURE (les mardis, jeudis et samedis, à huit heures et demie du matin). — M. *Decaisne* (de l'Institut), a commencé ce cours dans l'amphithéâtre de la galerie de géologie, le jeudi 22 avril 1869, à huit heures et demie. — Le professeur consacrera quelques leçons à l'exposé des principes élémentaires de la physiologie végétale appliquée à l'agronomie et traitera des végétaux qui constituent les prairies naturelles. — Herborisations annoncées par des affiches particulières.

CHIMIE (les mardis et jeudis, à deux heures). — M. *Fremy* (de l'Institut) a commencé *son* cours de *chimie appliquée à l'agronomie* le jeudi 22 avril, à deux heures. — Le professeur traitera cette année de l'air, de l'eau et du sol arable.

ZOOLOGIE (ANIMAUX ARTICULÉS) (les lundis, mercredis et vendredis, à une heure).— M. *Émile Blanchard* (de l'Institut) a commencé ce cours le vendredi 23 avril, à une heure, dans la galerie de zoologie. — Le vendredi, le professeur traitera des caractères et de l'organisation des animaux articulés ; le lundi et le mercredi, il fera l'histoire des insectes nuisibles aux céréales, aux plantes fourragères et potagères.

Société chimique de Paris

M. TOLLENS fera lundi prochain 26 avril, dans la salle de la Société d'encouragement, 44, rue Bonaparte, une leçon sur quelques hydrocarbures de la série aromatique.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE — NUMÉRO 22 — 1er MAI 1869

Paris, 30 avril 1869.

it que tout finisse en ce monde. La discussion sur vatoire de Paris a été close à l'Académie des sciences, e semble pas que le résultat obtenu soit en rapport immensité du temps qu'on y a employé. Quoique les fussent réservés aux comités secrets, il n'était pas ble de les connaître, et plus d'une brochure a été iée par les académiciens engagés dans la lutte. Mais avons pas cru devoir en entretenir nos lecteurs, parce agissait là surtout de questions personnelles ou trop ques.

nanimité des 53 suffrages exprimés, — il y avait re un bulletin blanc, sans doute celui de M. Le , — l'Académie a voté la motion de conciliation pro- par M. Combes : « Il importe que l'Observatoire impé- uel de Paris soit conservé sans aucun amoindrissement, joutant des logements pour les observateurs ; mais il essaire qu'un autre observatoire de premier ordre, ant à tous les besoins de la science, avec logements out le personnel, soit fondé dans un lieu convenable- hoisi en dehors et à proximité de la ville de Paris. »

out, n'ajoutez pas de virgule entre *un autre observa- de premier ordre*, comme on avait voulu le faire pour r que l'Observatoire actuel n'est pas de premier

oncentration de toute l'astronomie française dans une nain sera toujours un grand mal. Aussi, doit-on appe- tous ses vœux le second observatoire demandé par mie. Malheureusement, pour le construire il faut de t, et ceux qui tiennent les cordons de la bourse annon- avance des dispositions restrictives. En attendant, rien hangé à l'état actuel des choses. Aussi, M. Le Verrier -t-il la décision de l'Académie comme une victoire te, et, en annonçant cette décision dans le *Bulletin sociation scientifique*, il ne parle aucunement du nou- ervatoire dont la construction ne lui paraît sans doute ore très-prochaine.

a section de mécanique de l'Académie des sciences a té lundi dernier, au comité secret, pour une place de ondant vacante dans son sein : en première ligne, nger ; en deuxième ligne, le général Didion ; et en ne ligne, le marquis de Caligny, l'inventeur des ma- hydrauliques qui servent au percement du Mont- Malgré cet ordre de présentation, il paraît que M. de y a beaucoup de chances pour être élu.

VI.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE

M. CAZIN

Les forces électriques

Parmi les phénomènes dont les corps inanimés sont le siége, ceux qu'on appelle phénomènes électriques ont le privilége d'exciter notre curiosité d'une manière toute particulière. Depuis les immortelles découvertes de Franklin, Volta, Œrsted, Ampère, Faraday, et tant d'autres physiciens qui ont consacré leurs veilles à la recherche des lois des phénomènes électriques, les annales de la physique ont enregistré un nombre considérable de faits ; l'industrie humaine a tiré un merveilleux parti de ces faits : elle a créé la galvanoplastie, la télégraphie, les moteurs électro-magnétiques, l'éclairage électrique ; elle sait écarter les dangers de la foudre, et imposer un frein à cette gigantesque puissance qui vient parfois troubler la sérénité de notre atmosphère. Pourtant, malgré les efforts et les triomphes de tant de grands hommes, la science de l'électricité est loin d'être aussi avancée que la science de la gravitation, de la chaleur et de la lumière. Aussi n'est-ce pas sans une certaine appréhension que je vais entreprendre avec vous une esquisse rapide de quelques-unes des grandes lois de l'électricité.

Souvenons-nous d'abord d'une règle fondamentale de la physique moderne : L'exposition des lois de la nature doit être indépendante de toute hypothèse sur l'essence des causes qui produisent les phénomènes. Je ne veux pas dire par là que les hypothèses n'aient aucune utilité : j'aurai à revenir sur cette question ; mais la vulgarisation des faits scientifiques doit les exclure ; elle doit se garder de mêler les incertitudes de la métaphysique aux vérités de l'observation. J'éviterai donc de parler de fluides électriques, de mouvements moléculaires transmis ; je ne chercherai pas à vous montrer le mécanisme secret de l'électricité ; je procéderai comme l'astronome, qui étudie les harmonies célestes, sans chercher par quel mécanisme les corps s'attirent suivant la loi newtonienne.

Tous les corps qui nous environnent sont soumis à une cause permanente de mouvement qu'on appelle force de pesanteur. Lorsqu'un corps est en repos, cette force existe à l'état de tendance non satisfaite ; elle se manifeste à nous par la pression que le corps exerce sur l'obstacle qui l'empêche de tomber. Lorsque le corps tombe, la force effectue alors un *travail mécanique*, qu'on mesure en multipliant la grandeur de la force par le chemin parcouru. La force de pesanteur nous présente donc l'état statique et l'état dynamique. Nous ne pouvons changer l'intensité de cette force, la sup-

primer, ni la faire reparaître ; c'est une force d'intensité constante.

Nous voyons parfois les corps soumis à des causes passagères de mouvement, à des forces dont l'intensité change à chaque instant ; un grand nombre de phénomènes produits par de telles forces sont visiblement dus à la même cause générale, qu'on appelle *électricité* ; par suite, on appelle ces forces passagères, *forces électriques*. On peut dire avec M. Hirn, en comparant l'électricité à la pesanteur, que la force électrique est une force d'intensité variable.

Je me propose de vous montrer les principales circonstances dans lesquelles les forces électriques se manifestent, et la corrélation qui existe entre ces diverses forces, corrélation qui les fait attribuer à une seule et même cause, l'électricité, abstraction faite de toute hypothèse sur l'essence de cette cause.

Considérons une machine électrique à plateau de verre (grande machine de Hempel). Elle se compose essentiellement de deux parties : l'une formée par le plateau de verre et une masse métallique qui présente des pointes au plateau et qui est supportée par des tiges de verre ; l'autre formée par des coussins frottant le plateau, et par une seconde masse métallique aussi supportée par des tiges de verre ; les coussins sont réunis à cette masse à l'aide d'une chaîne de métal. L'effet des tiges de verre est, comme on dit, d'isoler du globe terrestre les deux parties de la machine, de sorte qu'elles sont, pour ainsi dire, soustraites à l'action des corps environnants. Chacune des masses métalliques porte une sorte de plumet formé par des bandelettes de papier. Faisons tourner le plateau de verre, vous voyez les bandelettes s'écarter les unes des autres sur chaque plumet. Vous concluez de là que le frottement du plateau de verre contre les coussins détermine l'apparition d'une force répulsive dans chacune des deux parties de la machine ; leurs particules tendent à s'écarter les unes des autres, et si les particules des masses de métal n'étaient pas retenues par l'action mutuelle qu'on appelle *cohésion*, elles se fuiraient comme se fuient les bandelettes de papier.

Rapprochons peu à peu l'une de l'autre les deux masses métalliques, vous voyez les deux plumets se précipiter l'un vers l'autre ; leurs bandelettes s'attirent mutuellement.

Cette double observation nous conduit à énoncer un principe, dont la généralité est établie par tous les faits connus : *Lorsque les forces électriques apparaissent dans un système matériel, ce système se divise en deux parties entre lesquelles existent des forces attractives, tandis que dans chacune d'elles des forces répulsives s'exercent entre leurs particules.*

On exprime habituellement cette modification du système en disant que l'une des parties est électrisée positivement, l'autre négativement ; que les corps électrisés de la même manière se repoussent, que les corps électrisés de manière différente s'attirent.

Les forces électriques développées dans l'opération précédente peuvent exister à l'état de tendance non satisfaite, de même que la force de pesanteur existe dans un corps posé sur une table à l'état de pression que nous appelons *poids du corps*. Cet état des forces électriques s'appelle *tension électrique*. Une fois que la tension est développée dans un corps, elle s'y maintiendrait d'elle-même, si ce corps était parfaitement isolé, c'est-à-dire soustrait à l'action de tous les corps environnants. On conçoit que cet isolement parfait est irréalisable, mais qu'on peut l'atteindre à peu près, si l'on opère assez rapidement. Aussi sommes-nous obligés de prendre certaines précautions pour faire les expériences d'électricité, et souvent sont-elles rendues très-difficiles par le défaut d'isolement.

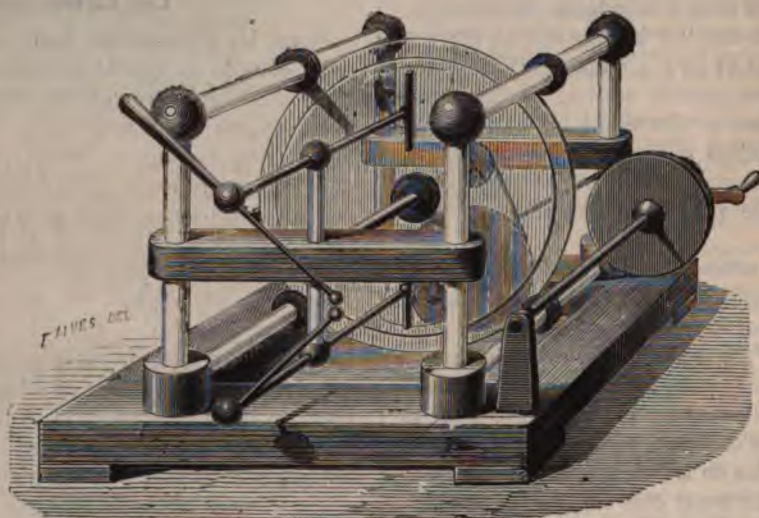


FIG. 21. — Machine de Holtz.

Lorsque les forces électriques se satisfont, les corps qui en sont le siége ou leurs particules entrent en mouvement, et nous observons des phénomènes qu'on appelle les *effets de l'électricité*.

Reprenons les deux masses métalliques, ou conducteurs, de la machine de Hempel, et après les avoir électrisées par la rotation du plateau de verre, rapprochons-les peu à peu. Lorsque leur distance est assez diminuée, une étincelle lumineuse apparaît; elle est accompagnée d'un bruit particulier, et les conducteurs sont ramenés à l'état naturel. Voilà l'étincelle électrique, celle qui constitue la foudre lorsqu'elle éclate entre deux nuages. Analysons ce qui se passe dans ce phénomène. Sur chaque conducteur, les particules superficielles du métal tendent à se fuir et à se précipiter sur celles de l'autre conducteur. Quand l'étincelle éclate, la ligne lumineuse est la voie suivie par ces particules, et elles deviennent incandescentes. De la chaleur lumineuse est créée dans leur mouvement, en même temps qu'elles perdent la vitesse que leur avait communiquée la force électrique.

Nous savons aujourd'hui qu'il existe un rapport mathématique entre la quantité de chaleur créée et les vitesses anéanties, rapport qu'on exprime dans un langage figuré en disant que ces vitesses sont *converties* en chaleur. En ne considérant que l'effet initial et l'état final du système formé par les conducteurs, avant et après l'étincelle, nous disons que l'électricité disparaît et que la chaleur apparaît, et dans un langage figuré, que l'électricité est *convertie* en chaleur. Par là nous sommes amenés à envisager, à côté des forces électriques analogues à des poids, une autre espèce de quantité analogue à

uantité de chaleur, à une *quantité de travail mécanique.* a la *quantité d'électricité.*

si la force électrique est capable de transmettre à un e matériel une certaine grandeur convertible en cha-ette grandeur que nous appelons *quantité d'électricité* ssi convertible en travail. Voici une expérience qui vous era l'exactitude de cette prévision.

s nous servirons d'une machine électrique récemment ée par M. Holtz. Sans entrer en ce moment dans le dé-cette curieuse machine (fig. 21), nous y distinguerons ment, comme dans la machine de Hempel, deux conduc-nétalliques, dont l'un s'électrise positivement, et l'autre rement, quand on met la machine en activité. L'un de nducteurs communique par l'intermédiaire d'un fil de avec un anneau de métal horizontal; l'autre commu-semblablement avec une pointe métallique fixée au de l'anneau, et portant une pièce mobile semblable niquet électrique. Le tourniquet entre en mouvement e la machine développe de l'électricité; on peut en temps faire éclater de nombreuses étincelles électri-itre les deux conducteurs. Mais si nous augmentons la ır de l'étincelle en écartant l'un de l'autre les conduc-le nombre des étincelles diminue, et le tourniquet ın mouvement de rotation plus rapide; si les étin-essent, le mouvement de tourniquet est le plus ra-ssible. Or, la rotation est une création de travail méca-t l'étincelle est une création de chaleur; le travail est ibstitué à la chaleur. A toute diminution de l'une quantités correspond une augmentation équivalente re.

pouvons donc formuler un deuxième principe : *Lorsque tances des forces électriques développées dans un système et sont satisfaites, l'électricité a disparu et a été convertie chaleur, soit en travail mécanique.* A ce point de vue, la tion de l'électricité est analogue à la disparition de la que la pesanteur a produite dans la chute d'un corps, nent où ce corps rencontre le sol, sans rebondir. On cette vitesse disparaît, soit en se transmettant à d'au-ps, soit en faisant apparaître de la chaleur.

la force électrique existe comme la force de pesanteur, état de tension, soit à l'état de mouvement; comme la ur, elle communique aux corps une sorte d'*énergie* ible en travail mécanique ou en chaleur; mais elle est llement variable, tandis que la pesanteur est constante.



FIG. 22. — Batterie électrique.

atterie électrique (fig. 22) sert à conserver l'électri-tat de tendance non satisfaite. Nous mettons les deux conducteurs de la machine de Holtz respectivement en communication avec les deux armatures de la batterie, et celle-ci se charge très-rapidement. Ainsi chargée, elle peut rester quelque temps dans le même état, sans que les forces électriques entrent en action. Puis, si nous réunissons les deux armatures à l'aide d'un conducteur, l'électricité disparaît et se convertit en une autre forme d'énergie. Je vais vous montrer que cette conversion s'opère non-seulement dans l'étincelle, mais encore dans toute l'étendue des conducteurs. Pour cela nous avons placé parmi ces conducteurs un fil de fer assez fin, afin que la chaleur créée puisse le faire rougir. Lorsque la batterie est déchargée, le fil est fondu, et ses particules incandescentes sont projetées dans tous les sens (fig. 23).



FIG. 23. — Fil rougi par le courant.

Il est facile de montrer les forces répulsives dont le conducteur est le siége pendant la décharge. Nous plaçons un fil de soie doré entre deux lames de verre, et nous projetons sur le tableau l'image agrandie de ce fil. Puis nous interposons le fil parmi les conducteurs qui doivent décharger la batterie. Voici la décharge qui est opérée, et vous voyez une traînée de poussière d'or déposée sur le verre de chaque côté du fil de soie. Cette traînée présente de nombreuses stries perpendiculaires au fil; ce qui vous prouve que les particules d'or détachées du conducteur ont été projetées transversalement, en se repoussant mutuellement.

Nous savons maintenant quelles sont les circonstances générales qui accompagnent la disparition de l'électricité. Il faut que nous cherchions aussi quelles sont les circonstances qui accompagnent son apparition.

Dans une machine électrique à frottement, il est évident que l'on consomme du travail mécanique pour mettre le plateau en mouvement. Mais il est difficile de prouver que la totalité du travail n'est pas convertie en chaleur par la seule opération du frottement, parce que ce frottement est considérable. Avec la machine de Holtz, au contraire, cette preuve devient facile. Le plateau de verre mobile de cette machine ne frotte aucun coussin; un très-faible effort le fait tourner. D'un côté de ce plateau mobile se trouve un plateau fixe, présentant deux ouvertures aux extrémités d'un même diamètre. Sur le bord de chacune de ces ouvertures est collée une petite bande de papier. En face de ces bandes, de l'autre côté du plateau mobile, sont deux peignes métalliques, communiquant respectivement avec chacun des conducteurs. Ainsi, chacune des deux parties du système dans lequel apparaît l'électricité est constituée par un conducteur isolé, terminé par un peigne métallique du côté des plateaux, et par une bande de papier collée sur le plateau fixe, en face du peigne. Pour électriser l'appareil, on fait communiquer entre eux les deux conducteurs, on fait tourner le plateau mobile, et l'on touche l'une des bandes de papier avec un corps électrisé quelconque, pendant quelques instants seulement. On amorce ainsi la machine, et ensuite on obtient des quantités

indéfinies d'électricité sans aucun frottement. On sépare les deux conducteurs, et les étincelles se répètent indéfiniment au point de séparation. Or, l'opérateur éprouve un surcroît de résistance quand il fait tourner le plateau et que l'électricité se développe. En d'autres termes, il consomme du travail mécanique à mesure qu'il crée de l'électricité. Tout porte à croire, bien que nous n'ayons pas encore d'expériences définitives à ce sujet, que la dépense de travail est proportionnelle à la quantité d'électricité créée, et que le principe suivant est aussi général que les précédents : *Lorsque l'on consomme du travail mécanique pour produire l'électricité, ce travail est converti en énergie électrique.*

Ce principe est le réciproque du précédent, et vous admettrez aisément qu'on puisse le compléter en démontrant que la chaleur peut aussi être convertie en électricité ; mais cette étude nous entraînerait trop loin.

Pour que la corrélation du travail mécanique, de la chaleur et de l'électricité soit parfaitement établie, il faut que les rapports numériques d'équivalence soient déterminés exactement. Nous savons aujourd'hui que 425 unités de travail équivalent à 1 unité de chaleur ou calorie ; il nous reste à envisager l'unité d'électricité, ou *électrie*. Coulomb a imaginé, à la fin du siècle dernier, une ingénieuse méthode pour mesurer en unités de poids l'action mutuelle de deux sphères électrisées. L'une d'elles est fixe ; l'autre est portée par un levier horizontal de gomme laque, suspendu par un fil d'argent très-long et très-fin. Un mètre du fil de Coulomb ne pesait qu'un centigramme environ. Pour tordre un pareil fil, le plus léger effort suffit ; dans l'appareil de Coulomb une force de $\frac{16}{100}$ de milligramme faisait tordre le fil d'un tour tout entier. Quand on a déterminé ce nombre en suivant certaines règles, on peut mesurer la force répulsive qui s'exerce entre les deux boules, lorsqu'on les électrise, après les avoir mises en contact sans torsion du fil. Il faut pour cela mesurer, sur une échelle divisée, l'arc que décrit la boule mobile en s'éloignant de la



Fig. 24. — Balance de Coulomb.

boule fixe. Ainsi, dans l'appareil dont se servait Coulomb, à chaque degré d'écart correspondait une force répulsive de $\frac{1}{2300}$ *de* milligramme (fig. 24).

Imaginez maintenant deux sphères électrisées ég
ayant chacune l'unité de masse, placées à l'unité de
et développant une action mutuelle égale à l'unité d
on convient de prendre pour *électrie* la quantité d'él
que chaque sphère tient en réserve dans ces conditi
lors l'équivalent mécanique d'une électrie sera le
d'unités de travail qu'on peut produire en dépen
électrie. Ce n'est pas ici que nous devons aborder des q
aussi spéciales ; mais, poursuivant l'analogie des for
triques avec les autres forces naturelles, je devais vo
trer dans quelle voie il faut s'engager pour préci
analogie et établir une théorie des phénomènes él
qui soit en rapport avec l'état des autres branches d
sique.

Les principes que j'ai posés vont nous guider au m
mille transformations que présentent les expérience
tricité.

Dans la pile voltaïque, la dépense du travail qui
pagne la production de l'électricité est représentée
combinaison chimique. Habituellement c'est le zinc q
à l'oxygène de l'eau, puis à l'acide sulfurique. Lorsqu
gramme de zinc est entré dans une telle combinaiso
eu un travail dépensé qui correspond à 560 calories
qui est équivalent, à 238 kilogrammes élevés à 1000 m
hauteur.

Comment cette énergie se transforme-t-elle dans le
L'électricité disparaît à mesure qu'elle est produite
est convertie en chaleur. La chaleur apparaît dans
circuit, et quand ce circuit n'est formé que par la pi
fil conducteur, la chaleur totale créée après la dissolut
kilogramme de zinc est justement 560 calories. C'est un
des expériences de M. Favre. Nous vous montrons cette
du circuit voltaïque en interposant, comme nous l'a
pour la batterie, un fil de platine ayant 2 mètres d
$\frac{1}{4}$ de millimètre de diamètre. Vous le voyez rougir
incandescent, tant que le circuit est fermé.

Mais l'électricité peut être convertie en travail chim
mécanique, et alors vous prévoyez que la chaleur t
circuit diminue d'une quantité équivalente à ce trav
résulte encore des expériences du même auteur.

Pour produire un travail chimique, nous plonge

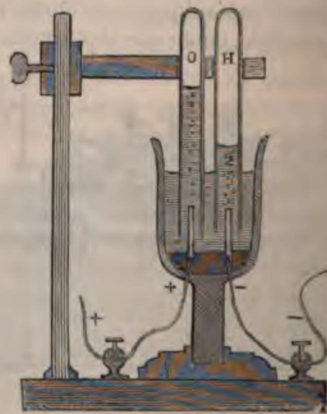


Fig. 25. — Voltamètre ordinaire.

extrémités des fils conducteurs de la pile dans de l'e
dulée (fig. 25). L'appareil qui contient l'eau est proj
le tableau, et vous y apercevez d'un côté un fil de plat

en contact avec le conducteur négatif de la pile; de deux fils parallèles dont l'un est de platine et l'autre de Lorsque nous touchons le premier avec le conducteur le la pile, vous voyez les gaz qui composent l'eau se de chaque fil de platine: sur le fil négatif, c'est l'hy-; sur le fil positif, c'est l'oxygène. Touchons maintenant cuivre au lieu du fil de platine : voici l'hydrogène qui e à se dégager sur le fil négatif, tandis qu'aucune bulle xygène n'apparaît sur le fil positif. Mais si nous pesions rès quelque temps, nous trouverions qu'il a augmenté ls, qu'il s'est combiné avec l'oxygène pour former de cuivre.

le premier cas, l'eau était simplement décomposée; le chimique était analogue à l'élévation d'un poids; in travail résistant consommant de la chaleur. Dans le ne cas, outre la décomposition de l'eau, nous avions la aison de l'oxygène avec le cuivre, c'est-à-dire un tra-teur analogue à la chute d'un poids, créant de la cha-n bien! la chaleur totale créée dans le circuit voltaïque pas la même dans les deux cas. Elle était moindre premier cas que dans le second; mais l'énergie totale même : seulement une partie de l'électricité était ie en chaleur, et l'autre partie en travail chimique, te des propriétés spéciales des conducteurs plongés au.

devons aux découvertes d'Œrsted et d'Ampère les usités aujourd'hui pour convertir l'électricité voltaïque ail mécanique.

un conducteur métallique plié en forme de carré. les extrémités de ce conducteur repose, par une pointe sur le fond d'un godet plein de mercure; l'autre extré-longe dans le mercure d'un autre godet situé au-des-u premier sous la même verticale (fig. 26). Ce conduc-

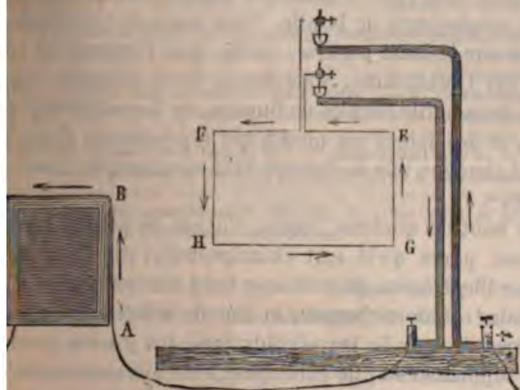


Fig. 26. — Appareil d'Ampère.

ut donc tourner librement autour de la pointe d'acier. ant aboutir les conducteurs de la pile respectivement odets de mercure, on interpose le conducteur mobile circuit.

s prenons ensuite un fil de cuivre recouvert de soie, en-sur un châssis de bois, et nous l'interposons aussi dans uit. Ce châssis est disposé près du conducteur mobile, n ce moment le circuit n'est pas encore fermé. On le , et voici le conducteur mobile qui est vivement attiré châssis. Ampère a fait connaître les principales lois de hénomènes, et nous savons d'après lui comment les diverses parties d'un circuit voltaïque agissent les unes sur les autres et peuvent produire un travail mécanique par leur action mutuelle.

Parmi les nombreuses expériences auxquelles donne lieu ce genre d'actions qu'on appelle *électro-dynamiques*, je citerai la suivante que nous devons à M. Daniel, professeur à l'École centrale. Projetons sur le tableau l'image d'une auge de verre dont le fond est un plan horizontal; cette auge contient de l'eau très-faiblement acidulée, et un globule de mercure repose sur le fond. Deux fils de platine plongent dans l'eau aux extrémités de l'auge; l'un d'eux communique avec l'un des conducteurs de la pile. Au moment où l'on ferme le circuit, en touchant le second fil de platine avec le second conducteur de la pile, vous voyez le globule rouler vivement sur le fond de l'auge; il va ainsi du fil positif au fil négatif. A l'aide d'un commutateur qui intervertit le sens des communications, ou, comme on dit, le sens du courant voltaïque, on arrête le globule au milieu de sa course, et on le fait revenir en arrière. Le sens du mouvement est donc bien déterminé.

Je ne chercherai pas ici à vous montrer comment cette expérience et la précédente sont des conséquences mathématiques de la loi formulée par Ampère. J'ai voulu seulement vous donner une idée de la variété des effets mécaniques qu'on obtient à l'aide de la pile.

Les actions électro-dynamiques sont assez faibles, et il est utile d'avoir une mesure de leur grandeur absolue afin de rendre possible la comparaison des divers moteurs fondés sur l'emploi des piles. J'ai fait une étude de cette question il y a quelques années, et voici comment j'ai formulé la loi des forces électro-dynamiques mesurées en unités mécaniques.

Concevez un conducteur rectiligne indéfini, et un autre conducteur parallèle placé à une distance du premier égale à sa longueur. Si ces conducteurs déchargent une quantité d'électricité capable de décomposer 9 milligrammes d'eau en une seconde, leur action mutuelle est de 188 milligrammes. Pour avoir une telle quantité d'électricité à l'aide d'une pile, il faudrait employer une très-forte pile. Avec 10 couples de Bunsen ordinaires, on ne décompose guère que 0milligr,02 d'eau par seconde; il faudrait une pile 450 fois plus forte pour décomposer 9 milligrammes d'eau dans le même temps. Ces nombres démontrent que les actions électro-dynamiques ne conviennent pas pour la conversion de l'électricité en travail mécanique.

Ce sont les électro-aimants qui semblent appelés à réaliser cette conversion. Sans étudier ici comment le magnétisme sert d'intermédiaire dans une telle transformation, rappelons en quoi consiste essentiellement un moteur électro-magnétique. Je prendrai comme exemple la machine que M. Bourbouze a imaginée, il y a une vingtaine d'années. A l'aide d'un modèle de démonstration fort élégant, que notre habile préparateur a fait construire pour cette séance, l'explication deviendra très-facile. Nous projetons sur le tableau l'image de ce modèle, et je mettrai en mouvement ses divers organes en fermant moi-même le circuit voltaïque qui doit animer les électro-aimants.

L'ensemble de la machine rappelle une machine à vapeur à deux cylindres et à balancier. Les cylindres à piston sont remplacés par des bobines recouvertes d'un fil métallique isolé, à travers lequel la pile doit se décharger. Pour cela, une pièce analogue au tiroir porte l'extrémité d'un des conducteurs de la pile au contact du fil de chaque bobine alternativement. Comme les deux bobines communiquent d'une

manière permanente avec le second conducteur de la pile, elles la déchargent alternativement. Dans l'axe de chaque bobine se trouvent un cylindre de fer fixe et un second cylindre suspendu à l'une des extrémités du balancier; quand la pile se décharge à travers l'une des bobines, le fer qu'elle contient s'aimante, attire à lui le fer mobile, abaisse, par suite, l'extrémité correspondante du balancier. De là l'oscillation du balancier, dont le mouvement est transmis à l'arbre de la machine par une bielle et une manivelle. Un excentrique, entraîné par l'arbre, dirige le tiroir distributeur, de sorte que la marche de la machine est automatique. Ajoutez enfin un mécanisme élevant un poids à l'aide du mouvement de rotation de l'arbre, et vous aurez réalisé la conversion de l'électricité en travail mécanique.

En ne considérant que l'état final du système, on a une dépense de travail chimique opérée dans la pile, et une production de travail mécanique, mesuré par le produit du poids élevé par la hauteur de l'ascension. Mais ce dernier travail est loin d'avoir la valeur du premier. De la chaleur a été constamment créée pendant l'opération, et son équivalent mécanique est égal à la différence de ces travaux. Ce fait a encore été démontré expérimentalement par M. Favre, avec un électromoteur imaginé spécialement pour les recherches calorimétriques. Il est impossible d'éviter cette création de chaleur, de sorte que toute machine électro-magnétique est à la fois une source de travail mécanique et un calorifère. La même chose a lieu dans une machine à vapeur, dans une machine à feu quelconque.

Au zinc dépensé dans la pile correspondent une création de travail et une création de chaleur; au charbon dépensé sur la grille d'une machine à vapeur correspondent une création de travail et un transport de chaleur dans les corps environnants. Analogie remarquable et qui a besoin d'être poursuivie dans toutes ses conséquences. Nous voyons ici la théorie mécanique de la chaleur tracer la voie à suivre dans l'étude des moteurs électriques. Cette théorie nous apprend qu'il existe un rapport maximum entre la quantité de chaleur convertie en travail et la quantité de chaleur totale dépensée; elle nous indique ce maximum, et tous les efforts des ingénieurs doivent tendre à s'en rapprocher le plus possible dans la pratique. Il faut que la théorie de l'électricité détermine aussi quel est le maximum d'électricité que la pile peut convertir en travail pour une quantité donnée d'électricité mise en activité par la dissolution du zinc; il faut ensuite que les machines soient perfectionnées, afin qu'on s'approche le plus possible du maximum théorique. Il y a donc pour ces moteurs un *coefficient économique* comme il y en a un pour les machines à feu : c'est le rapport de la quantité d'électricité convertie en travail à la quantité totale d'électricité mise en jeu.

A côté de la question théorique que je viens d'effleurer, nous avons encore la question pratique; elle se réduit au prix de l'unité de travail. A ce point de vue, la cherté de la pile donne aujourd'hui une grande supériorité aux machines à feu sur les machines électro-magnétiques. Jamais une considération de ce genre ne doit arrêter une invention; elle la rend seulement plus lente et plus difficile; mais y a-t-il aucun succès possible sans de rudes labeurs?

Le caractère fondamental de la pile voltaïque est de faire apparaître et disparaître l'électricité d'une manière continue, de sorte que les forces électriques mises en jeu ne sont qu'un intermédiaire pour la conversion du travail chimique de la pile en chaleur ou en travail mécanique interne ou
Les quantités d'électricité développées dans un temp
sont considérables, en comparaison de celles qu'on
dans le même temps d'une machine électrique or
Pour rendre sensible cette différence, nous prendro
ques nombres qui résultent des expériences de MM. V
Kohlraush. La quantité d'électricité qu'il faut dépen
décomposer 9 milligrammes d'eau étant accumulée
nuage placé à 1000 mètres de hauteur et agissant sur
chargée de la même quantité d'électricité contraire,
rait entre le nuage et la terre une attraction de 2268
grammes. Or, pour développer une telle quantité
cité, quelle puissante machine à plateau de verre fa
employer, et pendant combien de temps encore de
faire tourner son plateau !

Nous avons aujourd'hui un moyen de ne pas
l'énergie d'une pile voltaïque à mesure qu'elle est
pée. Nous pouvons en quelque sorte emmagasiner l
de la pile et le dépenser ensuite à notre gré,
temps quelconque. En d'autres termes, nous avons
reil qui est à la pile voltaïque ce que la batterie de L
à la machine électrique ordinaire : c'est la pile seco
lames de plomb de M. Gaston Planté. Le principe de c
de piles est connu depuis Ritter, qui les a décou
1805. M. Thomsen, de Copenhague, a réussi à les a
à certaines questions intéressantes ; mais c'est à M. Pl
revient, à mon avis, l'honneur d'avoir reconnu le
rôle de ces appareils au point de vue des application

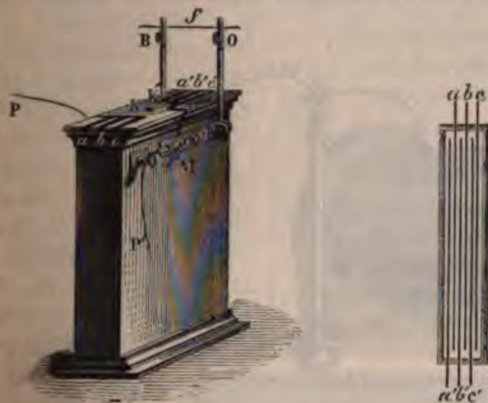
Pour comprendre la pile secondaire, rappelez-vou
composition de l'eau que nous avons opérée à l'aide
positif de cuivre et d'un fil négatif de platine : je vous
tré que l'oxygène se combine avec le cuivre, et forme
de cuivre. Imaginez maintenant deux grandes lames d
plongées dans l'eau acidulée, et attachées respectiven
deux conducteurs de la pile. Vous aurez de l'oxyde d
formé sur la lame positive, tandis que l'hydrogène
gera sur l'autre lame. Nous faisons en ce moment l'o
avec deux petits couples de Bunsen, de 7 centimètres
teur, et des lames de plomb qui représentent deux
ayant chacune une surface de 1875 centimètres carré
et 28).

Au bout de quelque temps, l'oxyde de plomb ce
former, parce qu'il agit chimiquement sur l'eau
et que l'hydrogène de cette eau tend à le réduire. La
condaire est alors chargée, et l'énergie dont elle est
est mesurée par le travail chimique qui y a été pro
peut supprimer la pile principale, et la pile secondair
quelque temps chargée. Pour la décharger, on n'a qu
les deux lames de plomb par un conducteur. Nous pr
fil de platine de 8 centimètres de longueur et 1 m
de diamètre. Voilà ce fil rougi au blanc. Mais remar
l'incandescence va en décroissant ; au bout de quel
condes, le fil cesse d'être échauffé.

Voici ce qui s'est passé pendant l'incandescence
de plomb a été partiellement détruit dans ce tem
court ; son oxygène s'est recombiné avec l'hydrogène
contenue dans la pile, tandis que l'oxygène de cet
oxydé l'autre lame de plo... Quand la couche d'
recouvre cette ... on action sur l'
libre celle de ... reil est
... ch...

Je viens d...

lit pendant la décharge de la pile secondaire; mais si ne considérons que l'état initial et l'état final du sys- nous reconnaissons qu'au commencement la pile secon- contenait en réserve une certaine quantité d'énergie, ituant sa charge, et qu'à la fin une certaine quantité de ur a été émise au dehors. A ce point de vue, l'analogie arfaite entre cet appareil et la batterie de Leyde. Mais logie peut encore être rendue plus frappante; nous avons argé la pile secondaire une première fois, puis nous interrompu la communication extérieure de ses lames omb. Quelque temps après, nous rétablissons la commu- ion avec un fil de platine, et voici que ce fil devient en- incandescent; mais, cette fois, la durée de l'incandes- e est beaucoup plus petite que la première. C'est donc véritable décharge secondaire qui a été effectuée; exac- nt comme si l'on avait une batterie de Leyde. On pourrait nir ainsi une suite de décharges d'intensités décroissantes.



G. 27 et 28. — Pile secondaire de M. Planté. — Appareil de quantité.

, c. Trois lames de plomb, carrées, ayant 25 centimètres de côté, communi- entre elles à l'aide du conducteur K. — a', b', c'. Trois autres lames sem- communiquent entre elles par le conducteur K'. Ces lames sont plongées dans cidulée contenue dans une auge de gutta-percha. — M. Commutateur, qui de faire communiquer le conducteur K', soit avec l'un des pôles de la pile, bouton P', soit avec la tige métallique O, qui porte le fil de platine f. — e métallique portant l'autre bout du fil f, et communiquant avec K. — P, P'. hores servant à polariser les lames de plomb. Lorsqu'on a tenu fermé le cir- incipal pendant quelque temps, en adaptant ces rhéophores aux pôles d'une n pousse le commutateur M sur le conducteur O, et les lames de plomb se gent à travers le fil f, qui devient incandescent.

phénomène chimique apparait toujours à chaque opé- n. D'abord, après chaque décharge, les deux lames de b se trouvent oxydées; mais la couche est plus épaisse a lame primitivement positive, l'eau continue à réduire couches; et la lame négative est réduite avant l'autre; ors, quand on referme le circuit, les deux lames donnent à un dégagement d'électricité.

is la description de ce phénomène chimique est-elle lication du phénomène physique? en d'autres termes, on chimique précède-t-elle ou suit-elle l'action élec- e? Est-elle la cause ou l'effet? Cette grande question qui jours préoccupé les physiciens depuis Volta, n'est peut- pas encore résolue, et rien ne s'oppose à ce que nous dions les lames de plomb comme des corps contenant ment de l'électricité, conservant cette électricité quand sont séparées, la convertissant en chaleur quand on les it par un fil de platine.

décharge de la pile secondaire dont nous venons de faire usage s'est opérée dans un certain temps. Nous pouvons changer la durée de cette décharge pour la même quantité d'électricité, et, par suite, modifier les effets produits; de même qu'une quantité de travail peut être utilisée pour imprimer un mouvement lent à une grande masse : on a, dans les deux cas, le même bénéfice de travail, mais il a été opéré d'une manière différente.

La décharge d'une quantité donnée d'électricité opérée par la méthode précédente constitue une décharge de quantité. Voici un moyen de l'effectuer à l'aide d'un conducteur offrant une plus grande résistance, par exemple à l'aide du fil de platine de 2 mètres, dont nous nous sommes déjà servis, lequel arrêterait la décharge si l'on conservait la disposition précédente.

Nous employons, pour cette expérience, une pile secondaire formée par 20 éléments à lames de plomb (fig. 29). Par une disposition ingénieuse habilement exécutée par

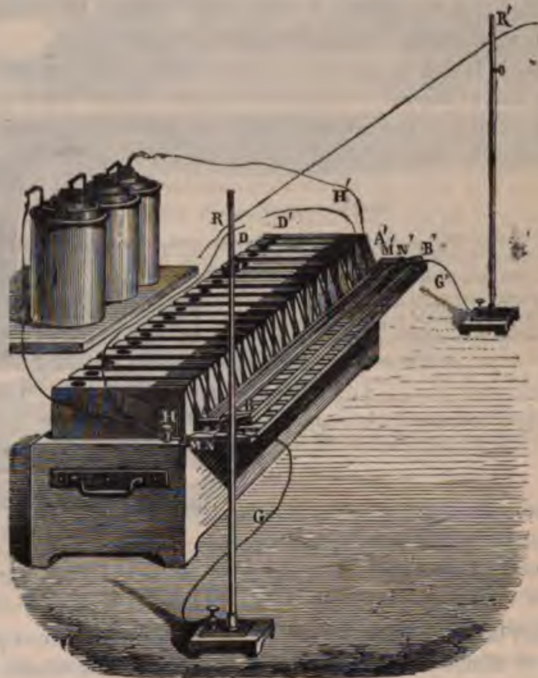


FIG. 29. — Pile secondaire de M. Planté. — Appareil de tension.

Vingt auges de gutta-percha contiennent chacune de l'eau acidulée et deux lames de plomb; chaque lame est soudée à une bande de cuivre extérieure. — A, B, A', B'. Commutateur à bascule, portant d'un côté les traverses métalliques MM', NN', de l'autre la traverse isolante BB', au-dessous de laquelle sont adaptées des saillies métalliques. Lorsque les traverses MM', NN', sont abaissées, elles font communiquer entre elles toutes les lames impaires d'un côté, et toutes les lames paires de l'autre. Ces deux séries de lames communiquent alors avec les rhéophores de la pile principale H et H', de sorte qu'on charge l'appareil. Lorsque la traverse BB' est abaissée, elle fait communiquer ensemble les lames 2 et 3, 4 et 5, 6 et 7, etc., tandis que la première et la dernière communiquent respectivement avec les conducteurs GG'. Les lames de plomb se déchargent alors par le fil de platine RR'. — D, D'. Conducteurs servant à obtenir la décharge de quantité, lorsque les lames de plomb sont assemblées en deux séries par les traverses MM', NN'.

M. Morin, on établit une communication entre toutes les lames paires d'un côté, et toutes les lames impaires de l'autre; on y adapte les conducteurs de la pile de Bunsen, et les lames de plomb se chargent comme précédemment. Ensuite on adapte l'un des bouts du fil de platine à la lame 1, puis on fait communiquer la lame 2 avec la lame 3; la lame 4 avec la lame 5, et enfin la dernière est touchée par le second bout du fil. Le mouvement s'opère rapidement à l'aide d'une

sorte de bascule, et la décharge s'effectue à travers le fil de 2 mètres, lequel est rougi pendant près d'une minute. Telle est la décharge de tension.

Cette disposition est usitée dans l'emploi des piles ordinaires et des batteries de Leyde; elle permet d'obtenir des effets variés à l'aide d'une même quantité d'électricité.

Ainsi, grâce aux piles secondaires de M. Planté, nous pouvons obtenir des effets qui exigeraient une cinquantaine d'éléments de Bunsen ordinaires. Mais remarquez bien que ces effets sont de courte durée, tandis qu'une pile ordinaire produirait des effets continus.

La pile secondaire de tension peut encore produire la lumière électrique. Nous faisons passer la décharge entre une pointe de platine verticale et du mercure. La vapeur de mercure devient incandescente au-dessous de la pointe, et nous obtenons une lumière blanche, éblouissante, qui s'affaiblit lentement, à mesure que la décharge s'opère.

La chaleur totale que crée la décharge de la pile secondaire est loin d'être supérieure à celle qu'on aurait obtenue en fermant la pile principale par un conducteur métallique pendant un temps suffisant pour que le poids du zinc dissous fût le même que celui qui a été dissous pour charger les lames de plomb. Cette chaleur est même inférieure; car pendant la charge des lames de plomb, le travail de la pile, nous l'avons dit, se convertit partiellement en chaleur qu'on ne retrouve plus dans la suite de l'opération, et partiellement en travail chimique : c'est ce dernier travail qui se convertit en chaleur lors de la décharge des lames de plomb. L'emploi des piles secondaires permet seulement de dépenser une quantité donnée de travail empruntée à une pile ordinaire dans un temps quelconque, au gré de l'opérateur.

Vous comprendrez aisément que ces curieuses transformations trouvent des applications; je me contente de citer l'explosion des mines. M. Planté a construit des appareils qui résolvent parfaitement cette importante question.

Jusqu'à présent nous n'avons tiré de la pile voltaïque que des effets analogues à ceux des machines électriques ordinaires. Nous pouvons aussi en tirer des effets identiques, grâce à l'invention de la bobine de Ruhmkorf. Guidé par les découvertes de Faraday et de Masson, et mettant à profit les observations de MM. Poggendorff, Fizeau, et du regretté Foucault, M. Ruhmkorff a doté la science de la plus puissante machine électrique que l'on connaisse. L'électricité qu'elle développe dérive de la pile voltaïque; aussi dit-on quelquefois qu'elle convertit l'électricité *dynamique* en électricité *statique*.

Voici en quoi elle consiste essentiellement (fig. 30). Un faisceau de fil de fer est enveloppé d'une spirale de fil de cuivre isolé. Un des bouts de ce fil reçoit l'un des conducteurs de la pile; l'autre communique avec du mercure placé au-dessous d'une couche d'alcool. Le second conducteur de la pile est adapté à une pointe de platine qu'on peut faire osciller au-dessus du mercure. Quand cette pointe touche le mercure, le circuit est fermé : le faisceau de fil de fer est aimanté. Quand cette pointe sort du mercure, le circuit s'ouvre, le faisceau de fer se désaimante de lui-même.

Introduisons ce faisceau dans l'axe d'une bobine formée par un fil de cuivre isolé, excessivement mince et offrant une longueur de plusieurs lieues. Les extrémités de ce fil sont attachées à deux conducteurs isolés dont la distance est actuellement 25 centimètres. Au moment où j'ouvre le circuit voltaïque, en faisant sortir la pointe de platine du mercure, vous voyez une longue étincelle éclater entre les deux conducteurs, exactement comme entre les deux conducteurs de la machine de Hempel.

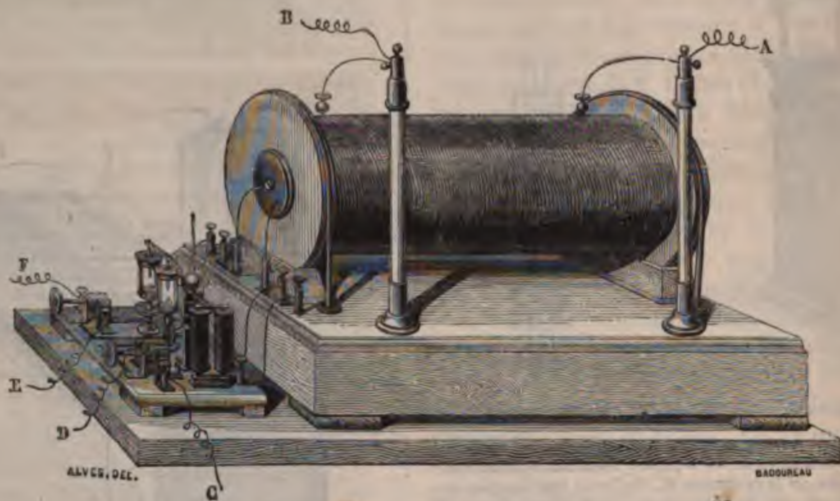


Fig. 30. — Machine de Ruhmkorff.

Maintenant j'établis deux conducteurs, d'une part entre la pointe de platine et l'une des armatures d'une grande batterie de Leyde, disposée d'une certaine manière pour la commodité de l'opération, d'autre part entre le mercure et l'autre armature de la batterie. En éloignant maintenant les deux conducteurs de décharge, je puis porter à 50 centimètres la longueur de l'étincelle qui éclate quand j'ouvre le circuit. La pile employée ne contient que 8 couples de Bunsen.

Ainsi nous produisons une tension électrique considérable aux extrémités du fil de la bobine, à chaque ouverture du circuit voltaïque ; il se passe entre le faisceau de fil de fer principalement et le fil de cette bobine une action qu'on appelle *induction électrique*, de laquelle résulte la production de l'électricité (1). Mais à la production de cette électricité correspond

(1) Sur l'induction, voyez notre tome V, page 400, 23 mai 1868, et notre tome III, page 813.

ense d'électricité dans la pile, sans que celle-ci puisse ıver nulle part sous forme de chaleur ou de travail, us ne considérons que le résultat final de l'opération rcher le mécanisme des opérations intermédiaires, ıvons admettre que l'électricité apparue est emprun- pile.

lectricité a toutes les propriétés de celle des machi- aires. Elle peut se conserver dans une batterie de omme nous allons le montrer. Il suffit de faire com- er l'un des deux bouts du long fil de la bobine avec re extérieure de la batterie, et de faire éclater l'étin- re le bouton de l'armature intérieure et l'autre bout e fil. Après un petit nombre d'étincelles, la batterie gée.

ilité avec laquelle on produit l'électricité de tension de la machine de Ruhmkorff est un important dans l'art des expériences sur l'électricité. On peut iplier aisément sans avoir à prendre une foule de ions qui rendaient autrefois ces expériences très- . Voici, par exemple, une belle expérience qui montre on mutuelle s'exerçant entre l'étincelle électrique et d'un aimant. Nous savons que cette étincelle est le de l'incandescence d'un jet de particules détachées lucteurs; nous pouvons assimiler ce jet à un conduc- ible qui complète le circuit, tant que dure la dé- Dès lors son action sur un aimant suit la même loi léviation d'une aiguille de boussole par un circuit vol- lécouverte en 1820 par Œrsted. Cette loi est bien con- les travaux d'Ampère et de ses contemporains. Mais ence actuelle est récente et due, je crois, à M. Obel- onservateur du cabinet de physique à l'École poly- ue.

faisons passer une suite d'étincelles de la bobine de orff entre les deux pôles d'un puissant électro-aimant. étant à l'état naturel, nous avons une étincelle recti- brillante. Nous pouvons augmenter l'éclat de ces étin- n employant une disposition que j'ai imaginée en 1863. nsiste à disposer une série de bouteilles de Leyde pour la charge par cascade, et à faire communiquer ivement avec chacune des extrémités du long fil de la l'armature intérieure de la première bouteille et l'ar- extérieure de la dernière. L'étincelle est alors assez use pour être projetée sur le tableau à l'aide d'une . On aimante l'électro-aimant en fermant le circuit ie, et voici l'étincelle qui s'étale en un magnifique l, en produisant un bruit particulier. Cet éventail de est perpendiculaire à la ligne des pôles de l'aimant, e que vous reconnaissez par là que les forces élec- mises en jeu projettent les particules incandescentes tte direction perpendiculaire que Faraday a nommée *tion équatoriale*.

venons de passer en revue les forces électriques déve- par le travail chimique. Vous avez vu auparavant nt le travail mécanique pouvait produire l'électricité ion. Pour compléter cette esquisse, il me reste à vous r que le travail mécanique peut aussi produire l'élec- oltaïque.

nachines de Clarke et de Pixii réalisent cette conver- travail mécanique en électricité dynamique. Mais je ii comme exemple une machine récente, qui était une iosités de l'Exposition universelle. C'est la machine de Ladd, servant à produire la lumière électrique (fig. 31) (1). Cette machine offre une application intéressante de diverses observations faites par MM. Wheatstone et Siemens. Le modèle que nous emploierons est construit par M. Ruhmkorff pour l'enseignement; ce n'est pas une machine industrielle comme celle de l'exposition.

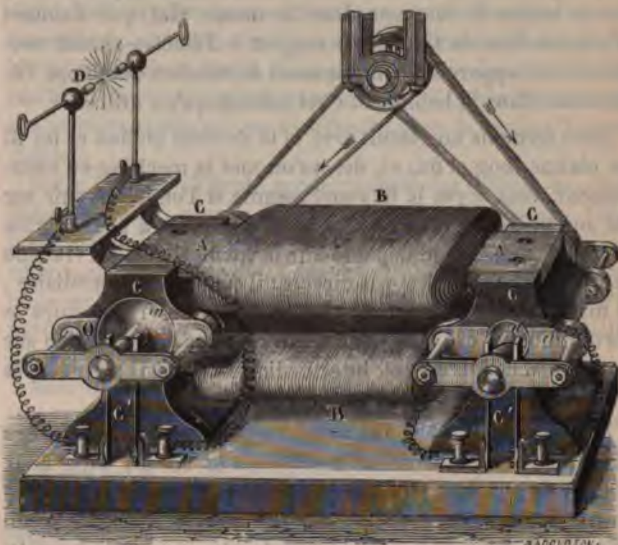


Fig. 31. — Machine de Ladd.

A, A. Plaque de fer entourée de cuivre isolé, B. — C, C. Pièces de fer formant les surfaces polaires. — C', B' C'. Second électro-aimant semblable au précédent. — Les pièces de fer C, C forment, de chaque côté de l'appareil, une cavité cylindrique *m*, *n*, dans laquelle tourne une bobine de Siemens. On voit les courroies qui transmettent le mouvement d'un arbre respectivement à ces bobines. — La bobine *n*, plus petite que l'autre, a son fil en communication avec celui de l'électro-aimant B, B. Elle constitue, avec ce dernier, la source de magnétisme. — La bobine *m* donne lieu aux courants induits qui vont passer par les charbons D, pour y produire la lumière. — Cette figure représente l'appareil qui fonctionnait à l'Exposition universelle de 1867. — Dans le modèle que construit M. Ruhmkorff, l'électro-aimant ne forme qu'une cavité cylindrique, et les deux bobines de Siemens sont ajustées sur le même axe dans cette cavité.

Un grand électro-aimant a ses faces polaires disposées de façon qu'elles constituent une cavité cylindrique. Dans cette cavité, on fait tourner, à l'aide d'une corde sans fin, une pièce cylindrique, qui est la réunion de deux bobines de Siemens placées à la suite l'une de l'autre et à angle droit. Une bobine de Siemens est un électro-aimant dont le noyau est un cylindre de fer présentant deux larges rainures creusées sur deux génératrices opposées. Le fil de cuivre isolé s'enroule dans ces rainures parallèlement à l'axe du cylindre; les extrémités de ce fil aboutissent respectivement à l'axe du mouvement et à une virole isolée adaptée à cet axe. A l'aide de deux ressorts auxquels on attache les conducteurs et qui frottent respectivement l'axe et la virole, on établit le circuit électrique.

Imaginez que les conducteurs d'une des bobines soient réunis au fil du grand électro-aimant, par l'intermédiaire d'une pièce appelée commutateur; le circuit sera formé par la bobine de Siemens considérée et par le grand électro-aimant. Dès lors, si celui-ci est faiblement aimanté, le mouvement de rotation de la bobine détermine le développement de l'électricité dans son fil, et cette électricité se décharge dans le fil de l'électro-aimant; le magnétisme de ce dernier se trouve

(1) Sur cette machine, voyez dans notre tome IV, pages 669 et 672, 14 septembre 1867, des travaux de M. Ladd lui-même, et de MM. W. Siemens, Wheatstone et Varley.

à la tête. Mais on a fait à cette interprétation une objection qui mérite d'être sérieusement examinée. Bien qu'elle ne change rien au fait, elle en modifierait la théorie.

Dans mon expérience, je supposais nécessairement que les communications circulatoires étaient interceptées entre les deux parties du corps séparées par la ligature, de telle sorte que l'action anesthésique ne puisse plus se propager de l'une à l'autre que par la moelle épinière.

Or, on m'objecte que la ligature pratiquée sur ces grenouilles peut bien ne pas interrompre complétement toute communication circulatoire entre le train antérieur et le train postérieur, car elle n'embrasse pas les artères médullaires qui rampent le long de la moelle épinière. Ces artères pourraient donc porter du cerveau dans la moelle du sang chargé de chloroforme, et, par conséquent, la propagation de l'anesthésie dans ce cas ne serait pas due à l'influence du cerveau sur la moelle épinière, mais simplement à l'action directe sur la moelle épinière du chloroforme passé dans le train postérieur par la voie des artères médullaires.

Au contraire, dans le second cas, lorsque c'est le train postérieur qui reçoit le chloroforme, l'anesthésie ne pourrait pas se propager à la tête, parce que la circulation des artères médullaires ne remonte pas la moelle, mais la descend et ne peut, par conséquent, conduire le chloroforme dans le train antérieur.

Voici l'expérience que j'ai imaginée pour juger la valeur de cette objection.

Il s'agit d'écarter les conséquences possibles de la circulation dans les artères médullaires. Pour cela, je supprime la circulation en enlevant le cœur. Sans doute, cette suppression du cœur n'est pas un obstacle absolu à la propagation des actions toxiques; divers expérimentateurs, et Stilling en particulier, ont montré qu'après avoir enlevé à des grenouilles la totalité des viscères, il pouvait encore les empoisonner par la strychnine. Dans ce cas, la substance toxique se répand par l'imbibition ou la circulation capillaire locale, etc. (1). Mais alors il ne s'agit plus de la circulation générale, qui a une direction parfaitement déterminée, et il n'y a plus par conséquent de raison pour que cette propagation ne se produise pas aussi bien de bas en haut que de haut en bas.

Voici une grenouille vigoureuse dont on a enlevé le cœur, comme je viens de le dire, avant de lui appliquer une ligature sous la naissance des pattes de devant. Nous lui injectons une solution d'eau chloroformée sous la peau de la tête, et vous voyez que l'anesthésie se propage aux membres postérieurs à peu près comme cela se faisait lorsque nous n'avions pas arraché le cœur. Or si la propagation de l'anesthésie dans les pattes de derrière était due au transport du chloroforme, cette propagation serait notablement ralentie par l'enlèvement du cœur, qui supprime les impulsions sanguines par les artères médullaires.

On devrait surtout constater une très-grande différence dans la rapidité de la production de l'anesthésie des pattes de derrière, — quand l'injection de chloroforme est faite sous la tête, — suivant que la grenouille a subi ou non une ligature à la naissance des membres antérieurs. En effet, quand il n'y a pas eu de ligature, toutes les voies circulatoires sont largement ouvertes au transport du chloroforme, depuis la tête jusqu'à l'extrémité inférieure de la moelle épinière. Au contraire, quand la ligature a été opérée, et surtout quand, en outre, le cœur a été arraché, ce transport du chloroforme, en admettant qu'il ait encore lieu, ne peut plus se faire que par des voies extrêmement détournées, très-restreintes et presque complétement interceptées.

Or, sans être certain que l'anesthésie des pattes postérieures se produise aussi vite dans un cas que dans l'autre, on peut affirmer cependant que la différence ne correspond pas du tout à celle qu'on devrait nécessairement trouver.

Il me semble donc logique d'admettre que lorsque la grenouille a subi une ligature sous les membres antérieurs, la partie postérieure de la moelle épinière est anesthésiée par l'influence du cerveau, et non à la suite du transport du chloroforme par les artères médullaires.

Nous allons d'ailleurs trouver un nouvel argument en revenant sur un autre mode d'anesthésie dont nous avons déjà parlé (voy. ci-dessus, leçon VI, page 297, muméro du 10 avril 1869).

Je vous ai montré que la chaleur anesthésiait parfaitement les grenouilles. Cela, du reste, est conforme à ce que nous savons sur les propriétés vitales en général, et sur celles du système nerveux en particulier. A une température basse, à 0 degré et même un peu au-dessus, une grenouille engourdie par le froid reste complétement insensible aux influences extérieures; à cette température, elle est très-peu sensible ou même complétement réfractaire à l'action des poisons les plus énergiques. Puis, au fur et à mesure que la température s'élève, la sensibilité augmente, la grenouille devient de plus en plus susceptible aux actions toxiques, etc.

Les phénomènes continuent à marcher dans ce sens jusque vers 30 ou 35 degrés; au delà de cette température, les propriétés vitales, au lieu de s'accroître, diminuent. Il y a donc une limite supérieure comme une limite inférieure pour le fonctionnement des éléments nerveux ou autres : c'est entre ces deux limites que se produisent les phénomènes de la vie. Au-dessus de la limite supérieure, vers 37 degrés, la grenouille devient complétement insensible, et à 40 degrés elle meurt : ses tissus sont altérés.

Vous n'avez pas oublié le procédé bien simple que nous employons pour soumettre successivement la grenouille à ces différentes températures : c'est de la plonger dans de l'eau convenablement chauffée.

J'ai eu l'idée de répéter, pour l'anesthésie par l'eau chaude, les expériences que j'avais faites avec le chloroforme, afin de montrer que l'anesthésie du cerveau pouvait anesthésier par influence la moelle épinière.

Voici une grenouille qui a subi, comme les précédentes sous la naissance des membres antérieurs, une ligature embrassant toutes les parties molles placées devant la moelle, et ne laissant communiquer les deux parties du corps que par la moelle épinière et les petits vaisseaux qui l'accompagnent. Nous plongeons seulement dans l'eau chaude la tête de cette grenouille jusqu'à la ligature, et vous voyez que les pattes de derrière s'anesthésient parfaitement malgré la ligature.

Il est vrai qu'ici encore on peut reproduire pour l'expérience les mêmes objections que nous avons discutées tout à l'heure dans le cas du chloroforme. Si l'on ne veut pas admettre l'influence anesthésiante du cerveau sur la moelle épinière, on dira que le sang échauffé dans la tête a été poussé

(1) Voyez ci-dessus, page 314, numéro du 17 avril 1869, une leçon de M. Bence Jones sur *la circulation chimique dans les corps vivants*, particulièrement à la fin.

[illegible]

che ascendante de l'anesthésie dans la moelle épi- [illegible] bien connue, la faculté excitatrice se perdant [illegible]ans la région lombaire, puis dans la région dorsale, [illegible]ans la région cervicale, et enfin dans le bulbe, der- [illegible] de la sensibilité près de s'éteindre.

[illegible] pouvait croire que cette anesthésie générale résultait [illegible]act général du chloroforme avec toutes les parties [illegible] nerveux. Nous avons vu que cela n'est pas néces- [illegible]uffit que l'extrémité centrale du nerf sensitif soit [illegible] par le chloroforme pour entraîner l'anesthésie du [illegible] entier. L'action élective du chloroforme se pro- [illegible] sur la cellule sensitive de la moelle épinière. C'est [illegible] le point nouveau sur lequel j'ai voulu insister pour [illegible] mécanisme de la véritable anesthésie, de l'anes- [illegible]nérale.

[illegible]a pas de véritable anesthésie locale. On peut bien pro- [illegible]ec l'appareil de Richardson, par exemple, une insen- [illegible]ocale résultant d'aspersions d'éther sur une région [illegible]ée du corps ; il se manifeste en même temps un froid [illegible]nse. Mais les phénomènes observés dans ces conditions [illegible] alors à un tout autre mécanisme. En effet, on ne [illegible] jamais d'insensibilité que dans la partie de la peau [illegible]umectée. Plus haut, c'est-à-dire en se rapprochant [illegible]res, le nerf sensitif reste toujours sensible, et surtout [illegible] épinière conserve intacte son excitabilité sensitive, [illegible]mps qu'on ait prolongé l'action locale.

[illegible]traire, une véritable action anesthésique, dès qu'elle [illegible]ite dans le cerveau, détruit progressivement la sen- [illegible]ns tout le corps, suivant la marche ascendante que [illegible]ns déterminée.

[illegible]énomènes d'insensibilité locale conservent toujours [illegible]ère particulier, complétement distinct de l'anesthé- [illegible]u'on les produit en humectant la peau avec une [illegible] de chloroforme ou d'éther, ou en faisant agir simple- [illegible]froid, ou même en enlevant le sang, par une ligature [illegible] par exemple, dans une région périphérique déter- [illegible]ans ce dernier cas, la région opérée devient exsangue, [illegible]traîne une altération des nerfs comme des autres [illegible]et produit l'insensibilité, mais là seulement où le sang [illegible] ne pénètre plus et jamais au delà. Par exemple, lors-

[illegible]

Je vous ai montré que nous pouvions anesthésier le corps tout entier, pourvu que le chloroforme touchât la moelle épinière et le cerveau ; et que si le chloroforme touchait seulement le cerveau, la moelle épinière se trouvait également anesthésiée, par influence, tandis que si la moelle seule était atteinte, l'anesthésie ne remontait pas vers le cerveau.

Cette influence du cerveau sur la moelle épinière n'a au fond rien d'étonnant. Les anatomistes considéraient autrefois la moelle épinière comme un gros nerf transmettant aux différents nerfs de l'organisme l'action du cerveau. On sait aujourd'hui que la moelle est aussi un centre autonome composé de plusieurs centres distincts ; mais rien n'empêche qu'elle ne soit en même temps un organe de transmission, et que ses centres, secondaires par rapport au cerveau, ne subissent son influence. C'est au contraire à ce point de vue qu'on paraît être conduit par une foule d'expériences déjà connues.

Vous vous rappelez quelles étaient les conditions de notre expérience. Une grenouille recevait, immédiatement sous la naissance des membres antérieurs, une forte ligature qui embrassait toutes les parties molles situées en avant de la moelle épinière, mais laissait communiquer librement par la moelle les deux parties du corps. Si l'on introduisait de l'eau chloroformée sous la peau de la tête de cette grenouille, l'anesthésie se propageait dans le tronc et dans les pattes de derrière ; au contraire, si l'on anesthésiait le train inférieur, la tête et les pattes de devant restaient sensibles.

Vous avez vu le fait, qui est certain comme fait. Mais il faut toujours, dans les expériences, distinguer le fait de son interprétation. Or, il m'a semblé que ce fait prouvait deux choses : 1° l'influence du cerveau pouvant anesthésier la moelle épinière, puisque, dans le premier cas, l'anesthésie n'a pu se propager au train postérieur que par cette voie, la circulation étant interceptée ; 2° à l'inverse, l'influence de la moelle épinière ne pouvant pas s'exercer sur le cerveau, puisque, dans le second cas, l'anesthésie du train postérieur ne se propage pas

lequel il fallait quelques ressources matérielles que l'ardente volonté du ministre actuel pour le progrès a seule su nous trouver.

Ceux d'entre vous qui venaient, les années passées, essayer de compléter l'enseignement oral par l'étude des pièces de démonstration, se rappellent combien l'exiguïté du local créait de difficultés à ce genre de travail. Les objets réunis pour les conférences devaient bien vite, faute de place, rentrer dans la collection générale; aujourd'hui, une collection spéciale, bien choisie et suffisante par le nombre des échantillons, reste constamment à la disposition des élèves dans une grande salle exclusivement affectée à leur usage.

Le résultat de cette nouvelle mesure a dépassé notre attente. Au lieu de huit, dix à douze élèves, comme les années précédentes, ce sont trente-cinq à quarante qui viennent, dans notre *laboratoire d'enseignement*, étudier avec zèle et persévérance les principales roches, les principaux fossiles caractérisant les masses minérales dont se compose le sol terrestre.

Vous comprendrez sans peine que cette situation a créé pour nous de nouveaux devoirs. Nous voyons naître chez plusieurs de ces jeunes gens de l'aptitude, de la vocation pour la géologie. Cela nous réjouit d'autant plus, que les jeunes géologues deviennent si rares en France, qu'on peut à peine en trouver pour nos chaires de facultés de province, et qu'une partie du sol français était menacée de rester bien longtemps encore un pays presque inexploré. Nous considérons donc comme une de nos plus impérieuses obligations de pousser de toute notre énergie à ce mouvement scientifique.

Or, on ne devient géologue que sur le terrain. J'ai donc, pour ma part, résolu de faire cette année autant d'excursions que je le pourrai. La semaine prochaine (1) sera consacrée à explorer le terrain jurassique du N. E. de la France; à partir du dimanche 18 avril, des excursions faites tous les quinze jours dans les environs de Paris, alternant avec les herborisations, vous permettront d'étudier sur place toutes les assises tertiaires, et peut-être quelques parties du terrain secondaire les plus rapprochées de Paris.

Nous espérons que, par suite de cette organisation nouvelle, quelques-uns de nos élèves, reçus licenciés au mois de juillet, seront en mesure, dès les vacances prochaines, de se rendre en véritables missionnaires scientifiques dans des régions de la France que nous leur désignerons, où ils pourront puiser les éléments d'une thèse de géologie, et faire leurs débuts dans la science. Dès le mois de novembre, ils reviendront au *laboratoire de recherches* avec les matériaux qu'ils auront réunis. Ils y trouveront, pour les étudier, un cabinet de travail tout préparé, une bibliothèque suffisante, et surtout un grand nombre de pièces de comparaison. Nous pouvons admettre, dans ces conditions, six ou huit élèves. Telle est la situation nouvelle qui attend ceux qui se sentent un goût érieux pour la géologie.

Si vous comparez à cet état de choses celui dans lequel nous nous trouvions, nous, à la fin de nos études, à la sortie de l'École normale, vous verrez quel précieux avantage cette création apporte à la génération actuelle.

Quelque goût prononcé, quelque aptitude qu'on pût alors montrer pour l'une des branches de l'histoire naturelle, et surtout pour la géologie, qui avait encore moins de débouchés que la zoologie ou la botanique, il fallait nécessairement être professeur de mathématiques ou de physique. Ce n'est qu'après plus de dix années d'enseignement ou de fonctions administratives, que j'ai pu, si vous me permettez de me citer en exemple, me ménager, à l'École normale, un petit coin où, avec quelques livres et les produits de mes excursions, j'ai commencé mes travaux.

Aujourd'hui nous ferons nos efforts pour donner à toutes les vocations les moyens de marcher immédiatement dans la voie qu'elles veulent s'ouvrir.

La même impulsion a été imprimée à toutes les autres sciences, et jamais certainement, depuis bien longtemps, un ministre n'a rendu à la jeunesse studieuse et à la science elle-même d'aussi grands services. C'est un témoignage de reconnaissance qu'il nous est permis de rendre hautement au chef actuel de l'administration de l'instruction publique.

Mais, les occupations nouvelles créées par l'École des hautes études, et surtout le temps consacré au choix et à la préparation de ce qui doit servir au travail des conférences, est si considérable, que, cette année, je me trouve complétement débordé; mes propres travaux en ont beaucoup souffert cet hiver, et la préparation de l'enseignement oral deviendrait certainement bien difficile pendant le semestre d'été. Dans l'impossibilité de tout faire marcher de front, M. le Ministre a bien voulu m'autoriser à m'adjoindre momentanément un collaborateur. J'ai cru que je devais me réserver la partie nouvelle de notre enseignement, c'est-à-dire la partie pratique, les conférences et les excursions, en laissant le cours lui-même au professeur qui viendra me suppléer. Je ne serai donc pas éloigné de vous; les leçons en plein air, plus nombreuses que par le passé, formeront un cours régulier où j'aurai le plaisir de vous retrouver.

J'ai voulu vous exposer moi-même pourquoi, cette année seulement, vous entendrez dans cette chaire une autre voix que la mienne. Heureusement votre nouveau professeur est un savant du premier ordre, dont vous suivrez l'enseignement avec le plus grand intérêt et le plus grand fruit: c'est M. Lory, professeur à la faculté des sciences de Grenoble, qui jouit dans toute l'Europe d'une réputation méritée par des travaux très-importants sur la géologie des Alpes du Dauphiné et de la Savoie. On peut dire que c'est principalement aux publications de cet éminent géologue que nous devons la connaissance précise de la structure et de la composition de ces régions, où le touriste rencontre tant de sites grandioses, où l'observateur est saisi à chaque pas d'une profonde admiration et d'un ardent désir de pénétrer le mystère des événements sous l'action desquels se sont façonnés ces étonnants accidents du sol.

Vous profiterez des vastes et profondes connaissances de M. Lory. Le cours terminé, il se propose de guider ceux d'entre vous qui en auront le désir dans une exploration de ces montagnes qui n'ont point de secrets pour lui (1).

M. Lory devant commencer le cours après les vacances de Pâques, je veux lui laisser l'entière liberté de ses idées; je me garderai donc bien d'entrer en matière.

Aujourd'hui, permettez-moi de terminer cette courte séance

(1) Ceci était dit le 19 mars 1869.

(1) Grâce à la munificence de l'Empereur, qui a bien voulu prendre un intérêt direct à nos études, une indemnité pourra être allouée aux futurs géologues pour lesquels les dépenses de cette excursion seraient trop onéreuses.

exposant quelques réflexions générales sur le *but* que se le géologue, sur la *méthode* d'investigation dont il et sur les caractères de la *vérité* en géologie.

t, vous le connaissez, c'est d'arriver à faire l'histoire que nous habitons. Quoi de plus propre à exciter les le notre intelligence! La géologie est peut-être, en rmi toutes les sciences, celle qui fournit le plus d'élé- la curiosité de l'esprit humain, à ce besoin insatiable aître, caractère distinctif et sans partage de l'homme, ise entre lui et tous les autres animaux un abîme n système ne parviendra jamais à combler.

nnaissance du passé a pour tous les esprits sérieux un rrésistible; aucune époque ne l'a plus témoigné que : aujourd'hui, sur tous les points de la France, des d'investigateurs recherchent patiemment les faits les nutieux de notre histoire nationale, pénètrent de plus profondément dans tous les détails de la vie de nos : ce sont les *archéologues*.

res, en plus grand nombre encore, tellement nom- u'ils ont pris un drapeau à part et se sont séparés à la a géologie et de l'archéologie, dont ils sont cependant intime; d'autres, dis-je, s'attachent à rechercher les e l'existence de l'homme, de son industrie, à des antérieures à tous les documents historiques, anté- même aux derniers phénomènes géologiques qui ont la surface du globe sa forme actuelle, à des époques lesquelles l'Europe nourrissait des troupeaux d'élé- de rhinocéros, d'hippopotames, différents des espèces s. Ces savants se sont constitués en sociétés, ont fondé grès internationaux sous le nom d'abord d'*archéo-géo-* uis d'*archéologie préhistorique*.

science nouvelle, en raison des études stratigraphiques lles elle est obligée de se livrer sur l'âge relatif des nts renfermant les débris qu'elle recherche, exige des sances géologiques, et j'ajouterai des connaissances ndues et très-profondes. En effet, les couches qui ren- les restes humains ou les débris de l'industrie hu- résentent de telles difficultés dans leur étude, que les es les plus exercés sont loin de s'entendre sur leur âge tandis que l'accord est général sur presque toutes hes les plus anciennes; et que si, de temps à autre, ergence d'opinion surgit sur la position d'une assise, ire toujours inépuisable des fossiles dont l'étude sert ition de la question rend cette solution facile et cer- bout d'un temps donné.

reuves de l'existence de l'homme dans les couches ielles sont toujours très-rares, et elles sont recherchées e telle ardeur, par une foule d'explorateurs souvent iliarisés avec les études stratigraphiques, qu'il devient possible aux géologues expérimentés de se faire une sur la réalité de ces découvertes.

qu'il en soit, il faut reconnaître que ce genre de re- s excite dans le public un puissant intérêt, que des d'observateurs s'y consacrent; aussi, sans aucun doute, s viendra bientôt, et peut-être est-il déjà venu, où il essaire de constituer un enseignement spécial, de fon- chaire nouvelle pour l'exposition méthodique de ces rables découvertes relatives aux époques les plus an- de l'existence de l'homme.

hénomènes physiques de cette période, qu'on a dési- s le nom de *quaternaire*, ont eux-mêmes un caractère si particulier, — au moins cela nous paraît-il ainsi d'après les faits connus aujourd'hui, — un caractère qui contraste d'une manière si étrange avec les phénomènes si réguliers, si uniformes des temps plus anciens, que la séparation de cette partie de la géologie nous paraîtrait suffisamment légitimée. Quand même les liens entre les phénomènes quaternaires et ceux de la période tertiaire deviendraient plus intimes qu'ils ne semblent l'être aujourd'hui, il y a dans le nombre des faits, dans le but vers lequel ils convergent et dans leurs rapports avec l'archéologie, assez de motifs pour en faire une science distincte. Mais cette science, dont nous saluons d'avance avec la plus vive sympathie l'entrée dans l'enseignement public, doit, pour réussir, ne pas oublier à quelles conditions, dans le siècle actuel, les sciences d'observation, et parmi elles surtout la géologie, ont accompli de si grands et de si rapides progrès.

En effet, si l'on retranche les phénomènes de la période quaternaire, et qu'on restreigne la géologie à l'étude des périodes plus anciennes, on est frappé de la rigueur des méthodes de démonstration.

Au début de ce siècle, on a commencé à comprendre que ce n'était pas dans des hypothèses, quelque ingénieuses qu'elles fussent, qu'il fallait chercher la vérité en ce qui concerne l'histoire de la formation du globe terrestre. On a compris que les phénomènes qui avaient contribué à cette formation, avaient laissé des traces de leur action; que les masses minérales devaient révéler, par l'étude de leur composition et de tous leurs caractères, les causes auxquelles elles devaient leur origine. On a renoncé aux systèmes, et l'on a porté des yeux attentifs sur les roches meubles ou compactes qu'on foulait dédaigneusement aux pieds. Ce sont là, en effet, les vrais éléments de l'histoire de la terre, disséminés partout à sa surface; il n'y a pas un accident de terrain, pas un rocher, pas un grain de sable qui ne porte en soi son certificat d'origine.

Depuis plus de deux mille ans, l'histoire de la terre était le monopole des philosophes d'élite, les mieux doués par l'imagination, par l'éloquence, par tous les dons qui charment et éblouissent. Mais autant de philosophes, autant de systèmes, et la vraie science ne faisait aucun pas en avant. C'est que, l'histoire est là pour confirmer cette assertion, le génie le plus puissant ne saurait, quand il s'agit de la nature, trouver dans ses conceptions hypothétiques rien de comparable à ce que le simple *bon sens*, tout seul, est en mesure de découvrir par l'observation.

Le jour où la multiplicité des théories, où la stérilité des conceptions systématiques jeta le dégoût dans l'esprit des hommes désireux de connaître les secrets de la nature, ce jour s'accomplit une heureuse révolution.

Partout en Europe des chercheurs se mirent à l'œuvre; des faits nombreux bien observés, bien groupés, révélèrent clairement les causes à l'esprit des observateurs. On vit paraître des livres d'un esprit nouveau, comme la *Description des environs de Paris* de Brongniart, ouvrage dans lequel l'étude de petites couches d'argiles, de sables ou de calcaire, révéla au monde une succession irréfutable d'époques dont on ne se doutait nullement. Les célèbres découvertes de Cuvier donnèrent un corps à ces époques, leur imprimèrent un caractère visible à tous, en faisant connaître cette série de populations animales qui s'étaient succédé les unes aux autres, soit dans les golfes, soit dans les lacs, soit sur les plaines constituant autrefois le sol de notre pays, et sur l'organisation desquelles

M. Gaudry vient de vous donner des notions si intéressantes.

Il ne faut donc pas oublier l'origine de notre science, aujourd'hui si vaste, si magnifique par les immenses résultats qu'il lui est donné d'exposer avec la plus extrême rigueur. Ce n'est pas dans le cerveau d'un homme de génie qu'elle est spontanément éclose. Non, elle s'est constituée peu à peu et lentement, par l'accumulation de découvertes dues pour la plupart à une multitude d'observateurs obscurs. Des savants d'une instruction plus étendue, d'une intelligence plus vaste, ont pu coordonner les découvertes et en tirer de légitimes conséquences, à la condition de subordonner constamment aux faits leurs idées théoriques.

C'est en effet à cette seule condition que la géologie a si rapidement prospéré, qu'elle a marché à pas de géant, faisant en un quart de siècle des progrès plus grands qu'aucune autre science. Chaque progrès s'appuie sur des faits ; et, sur les faits eux-mêmes, nous sommes très-exigeants.

En géologie stratigraphique, dans cette partie de la science qui concourt le plus à faire connaître l'histoire chronologique du globe, les faits, ce sont les fossiles nouveaux, c'est la place qu'occupent les couches qui les renferment. On peut se tromper sur la nature des fossiles, on peut se tromper sur leur position dans la série des terrains; le paléontologiste et le stratigraphe sont sujets à l'erreur, comme les autres hommes; mais la nature même des faits géologiques empêche que cette erreur ne soit de longue durée.

Les fossiles, en effet, ne sont pas isolés, ni les roches qui les renferment distribuées au hasard. Chaque être dont on retrouve les débris appartient à une époque plus ou moins étendue dans le temps, et les roches renfermant ces débris sont les produits des sédiments des eaux marines ou continentales de cette époque. Si vous trouvez un fossile en un lieu, soyez sûrs que vous pouvez le retrouver en une multitude d'autres points, qu'il sera dans ces diverses stations accompagné de débris d'autres espèces lui constituant un cortége presque invariable. Si donc, soit à cause du mauvais état de conservation des fossiles, soit à cause de la dislocation des couches, l'erreur est facile en un lieu, une foule d'autres lieux vous permettront de rétablir la vérité. Quel que soit le nombre des chercheurs, ils ne sauraient enlever toutes les preuves dont vous avez besoin, et, à tout jamais, les éléments de la question seront là, inépuisables, attendant l'observateur qui mettra fin au débat par une meilleure étude stratigraphique ou paléontologique. C'est là l'histoire de tous les désaccords qui ont surgi depuis trente ou quarante ans, et qui tous, motivés par de grandes difficultés d'études, ont cependant fini par être complétement effacés.

Vous sentez, par ce que je viens de vous dire, quelles garanties d'exactitude trouve notre science dans la nature même de ce qui fait l'objet de ses recherches : combien il est facile d'arriver à constituer des séries de faits bien prouvés ; comment ces faits peuvent se grouper et servir de base à des conséquences rigoureuses, inattaquables, pourvu qu'on ne cherche pas à aller trop vite, à démontrer soit des choses qui dépasseraient la portée des faits observés, soit de brillantes théories de nature à saisir l'imagination. En général, ces théories s'attaquent à des problèmes insolubles, et qui offrent le grave danger d'imprimer une déviation à la marche actuelle de la science, cette marche lente, mais certaine, par laquelle nous tendons sûrement vers la vérité, pour nous rejeter dans la voie systématique des anciens.

Loin de moi, cependant, l'idée de proscrire d'une m
absolue les vues théoriques, souvent elles ouvrent un h
demi-jour dans certains parages obscurs de la science ;
je réclame, c'est qu'on ne les confonde jamais avec des
démontrées. Il est bon que l'esprit s'exerce dans tou
directions possibles, qu'il cherche à classer les faits
selon telle idée préconçue ; mais il ne faut jamais pe
vue les enseignements du passé. Les Grecs, les Romai
maîtres dans les arts et dans les lettres, n'ont rien obser
surface de la terre, ni rien compris à son histoire. Les
les plus fameux par les hautes intelligences dont ils on
développement et la grandeur, le siècle de Louis X
exemple, n'a rien ajouté à cette science. Les époq
splendeur pour l'esprit humain n'ont créé, dans ce
rection, que de vaines hypothèses, qui n'ont fait que r
l'avénement de la vérité.

Tenez-vous donc en garde contre les séductions de l
de système. Il y a là un véritable danger qui n'a f
grandir dans ces derniers temps, et contre lequel nou
drions vous prémunir. Aujourd'hui plus peut-être qu
les cinquante ou soixante dernières années, beaucou
prits se fatiguent de suivre péniblement la route ingr
l'observation : s'appuyant sur des faits isolés, ils donne
rière à leur imagination, et, en présentant des conc
idéales sous un jour avantageux, ils arrivent à faire i
sion sur les personnes qui ne peuvent approfondir la s
et ne sont pas en mesure de contrôler leurs assertion
ne l'oubliez jamais, l'esprit de système est l'ennemi
terrible de la vérité : le passé est là pour le démontre
le seul conseil que nous voulions vous donner aujourd'

M. Lory, auquel nous vous confions maintenant, pa
sous ce rapport, notre manière de voir. C'est un guid
vous pouvez suivre en toute sécurité.

Ed. Hébert

BULLETIN DES COURS

Muséum d'histoire naturelle

ENSEIGNEMENT DES SCIENCES APPLIQUÉES A L'AGRON

Chimie organique appliquée aux êtres vivants en généra
l'agronomie en particulier (les mardis, jeudis et samedis,
heures trois quarts). — M. Chevreul (de l'Institut de France e
Société royale de Londres), a ouvert ce cours dans le grand amphi
du Muséum d'histoire naturelle, le 29 avril.

L'objet de la première leçon est l'exposé du principe d'apr
quels la chimie sera appliquée à l'étude des animaux vivants, fai
tout au point de vue de l'agronomie ; mais généralement se r
un compte exact de l'influence réelle exercée jusqu'à ce jour
chimie sur l'agriculture? Le professeur ne le pensant pas, expl
1° pourquoi l'agriculture n'est pas aussi avancée que l'ind
2° pourquoi l'économie agricole des végétaux est moins avanc
l'économie agricole des animaux, et parlera de l'influence que
mie est appelée à exercer sur l'avenir de l'agriculture. Enfin,
mément à cette manière de voir, il envisagera l'enseignement ag
en premier lieu : 1° relativement à la pratique ; 2° relativeme
science agronomique. En second lieu : 1° relativement à l'éc
des végétaux ; 2° relativement à l'économie des animaux.

Le propriétaire-gérant : Germer Bailli

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE — NUMÉRO 23 — 8 MAI 1869

Paris, 7 mai 1869.

scours de M. Patin, qui doit recevoir M. Claude Ber-l'Académie française, étant complétement achevé, la de réception, qui avait été retardée pour attendre ce s, aura lieu le 20 de ce mois. Par suite du retard de olennité, qui devait d'abord être fixée au 22 avril, de Bernard n'a pu reprendre mercredi dernier son e médecine expérimentale au Collége de France.

bruit avait couru dans le monde scientifique parisien R. Virchow se proposait d'abandonner sa chaire d'ana-athologique à l'Université de Berlin pour fonder une istincte. M. R. Virchow nous prie de démentir ce l vient, au contraire, de reprendre ses leçons comme ées précédentes, et les travaux de son laboratoire ont s été poussés sans interruption. On sait que M. R.Vir-st un des principaux chefs du parti libéral au parle-prussien ; mais il a refusé, malgré les sollicitations les ressantes, d'accepter un siége au Reichstag de la con-tion de l'Allemagne du Nord, afin de réserver la plus partie possible de son temps à ses occupations scien-s.

l'Académie des sciences de Paris, on a procédé, lundi r, à l'élection d'un correspondant dans la section de ique en remplacement de M. Bernard (de Saint-Benoît-le). La section avait dressé ainsi la liste des candidats : mière ligne, M. Belanger; en deuxième ligne, M. le l Didion; en troisième ligne, par ordre alphabétique, leau et M. de Caligny. M. Belanger est surtout un ma-ticien, tandis que M. de Caligny s'est plus particulière-occupé de mécanique appliquée : il a inventé des ma-hydrauliques qui rendent les plus grands services, t on peut voir en ce moment plusieurs modèles dans les de la rue Gerson.

si que l'avait fait pressentir la discussion des titres dans ité secret de la semaine dernière, M. de Caligny a été é par 44 voix contre 15 données à M. Belanger.

s remarquions il y a trois mois (voyez notre numéro du embre 1868, page 49) que, dans les élections de corres-nts, l'Académie consacrait presque toujours, les yeux s, le vœu de la section compétente. L'élection de M. de y paraît le symptôme d'une réaction contre cette habi-qui avait des inconvénients de plusieurs genres. Lors-'agit d'élire des membres titulaires, l'Académie discute s-près la liste de présentation de la section, et la com-fort souvent. Lors de l'élection si disputée de Foucault, même vu ce fait curieux, que les deux seuls candidats présentés par la section de mécanique n'obtinrent aucune voix, les suffrages s'étant exclusivement partagés entre M. le général Favé commandant de l'École Polytechnique et M. Foucault, que la section n'avait pas voulu admettre sur sa liste. Pourquoi l'Académie n'agirait-elle pas pour les élections de correspondants comme elle le fait pour celles de membres titulaires, et pourquoi ne réviserait-elle pas, dans un cas comme dans l'autre, le jugement des sections? Les choix n'en seraient souvent pas plus mauvais, et le prestige de l'Académie, à l'étranger surtout, n'y perdrait pas.

— L'Académie de médecine a élu mardi dernier un membre dans la section d'anatomie et de physiologie. La section présentait : en première ligne, M. Vulpian, professeur à la Faculté de médecine de Paris; en deuxième ligne M. Marey, professeur suppléant au collége de France; en troisième ligne M. Luys; en quatrième ligne M. Armand Moreau; en cinquième ligne M. Larcher.

M. Vulpian a été nommé au premier tour de scrutin par 50 voix sur 73 votants, contre 9, données à M. Larcher, 7 à M. Marey, 3 à M. Luys, 3 à M. Armand Moreau et 1 à M. Voillemier.

— La séance publique annuelle de l'Académie des sciences doit avoir lieu le 31 de ce mois. Les comités secrets ayant été envahis depuis longtemps par les discussions relatives à l'Observatoire de Paris, l'Académie a encore à entendre, d'ici à la fin du mois, la lecture de la plupart des rapports sur les prix, qui doit être faite en comité secret.

— Dans un article que nous avons publié il y a deux mois (voyez notre numéro du 13 mars dernier, page 232), M. Henri Sainte-Claire Deville a tracé le plan d'une série d'expériences qu'il se proposait de faire relativement à l'influence de la pression sur divers phénomènes, notamment les causes de la lumière dans les flammes, la combustion, etc. Ces expériences exigent une sorte de laboratoire de fer, capable de recevoir l'opérateur avec tous les appareils nécessaires, et qu'on peut soumettre à une pression d'un assez grand nombre d'atmosphères au moyen d'une pompe à vapeur.

Ce laboratoire a été construit par les soins du ministère de la marine, sur la recommandation particulière de l'empereur; il présente à peu près la forme d'un vaste cylindre surmonté de deux cheminées, l'une qui servira pour produire la pression, l'autre qui représente la porte par laquelle devront entrer l'expérimentateur et les appareils. Ce beau laboratoire est arrivé, il y a quelques jours, à l'École normale; M. Henri Sainte-Claire Deville et quelques autres savants vont commencer immédiatement leurs expériences qui ne sont pas exemptes de tout danger pour ceux qui s'y dévouent.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE BERLIN

M. R. VIRCHOW
correspondant de l'Institut

La fièvre

Il existe un vieux livre de fables allemand qui était autrefois dans notre pays au nombre des plus répandus. Mais il date de loin, on dit du XIIIe siècle, et, comme il est généralement oublié, on ne saura pas mauvais gré, même en ce temps où les fables abondent, d'en faire une fois mention. Le livre est intitulé : *der Edelstein* (la Pierre précieuse), et ce n'est pas là seulement un trésor de sentences morales excellentes que Bonerius, son auteur, nous a laissé, c'est encore une mine de bons vieux mots nationaux qui, dans la suite, se sont perdus et ont été remplacés par des termes étrangers, souvent inintelligibles pour le peuple.

Un de ces mots qui ont disparu de la langue et dont les dictionnaires peuvent seuls nous donner le sens, c'est *le Ritte*. Le Ritte et un petit animal que Gœthe lui-même n'a osé nommer que dans une chanson méphistophélique, sont les héros de la quarante-huitième fable, la plus amusante du livre. Le Ritte y figure comme un personnage réel, parlant et agissant, et, pour qui n'est pas au fait, il peut être assez difficile de deviner, même après avoir lu toute la fable, de quelle sorte de bête il s'agit. Les dictionnaires nous apprennent que c'est la fièvre (1) ; si bien que, si, pour n'avoir pas trouvé dans les origines de notre langue une expression qui la désigne, nous avions été tentés de conclure que nos ancêtres, plus vigoureux, en avaient été épargnés, nous serions aujourd'hui forcés de reconnaître notre erreur. Le mot *rito* désignant la fièvre se rencontre déjà dans un vieux parchemin de Saint-Gall qui contient des gloses sur les *Géorgiques*, et qui date du IXe siècle ; la langue anglo-saxonne, qui est parente de la nôtre, possède le verbe *hridjan* (haut allemand, ancien *ridan*) pour signifier avoir la fièvre, et le substantif *Rideroth* (2) pour la fièvre même. Il est donc bien clair qu'il existe un nom ancien de cette maladie, et le seul point à débattre entre les savants, c'est de savoir si l'on doit le faire venir de *rida* (trembler), ou de *rida* (monter à cheval), deux expressions qui indiquent un mouvement saccadé. Jusqu'à présent un sens semblable s'est conservé au mot *rütteln* (secouer). La description de ses exploits, faite par le Ritte de Bonerius lui-même, et qui commence ainsi :

> Ein Wip ich marteron began ;
> Jch erschotte ir Gelider
> Krefliklich (3)...

est parfaitement d'accord avec ce que l'observation nous apprend du frisson qui est le prélude ordinaire des fièvres intenses. Mais, déjà avant Bonerius, le mot *Fieber* (fièvre) s'était introduit dans notre langue. On le trouva dans une traduction en vers des livres de Moïse (1), qui remon
XIIe siècle, et qui est vraisemblablement l'œuvre d'un
érudit, versé dans le latin de l'Église romaine. Car
alors le temps où les cloîtres étaient la pépinière de
dition, où il se faisait encore un naïf mélange du
et du profane, où Virgile et Galien partageaient la
ration des écoles avec Moïse et l'apôtre Jean. L'esp
Rome, dont nos mœurs et notre génie national ont so
plus d'une atteinte, nous a encore imposé ce mot
(latin, *febris*). Si le *Ritte* répond au frisson et au trembl
qui l'accompagne, on devrait réserver le mot *Fieber* po
ardeurs de la fièvre chaude. Car le mot latin *febris*,
de *ferbis* par une transposition de lettres, vient de
brûler, bouillonner, et par là se lie étroitement au m
grec classique πυρετός, dérivé de πῦρ (2). Le feu, c'est le
de la fièvre chaude. Il est donc assez bizarre que nous
rions toujours employer cette expression de *kaltes*
(fièvre algide), quand, pour cette forme de la fièvre, l'hi
de la langue et de l'étymologie nous désignerait plu
mot *Ritte* (3).

A vrai dire, c'est un phénomène singulier que cette
froide. Il faut bien songer que c'est la combinaison du
glacial et de la chaleur brûlante. Tandis qu'en tâta
mains et les pieds, on les trouve froids comme glace, u
dévorant brûle les entrailles. A laquelle de ces deux
tions doit-on donner le plus d'importance ? A la sen
extérieure que tout le monde perçoit, ou à la sensation
rieure cachée pour tous, excepté pour le malheureux q
met à la torture ? Quelle dénomination est la plus
celle de l'allemand qui prend le mal à sa première pha
celle du grec qui la suit au milieu de son cours ?

Plus de deux siècles se sont écoulés avant que ces ques
aient reçu leur solution définitive. Observer la natu
une opération délicate ; les sens réduits à eux-même
des instruments peu sûrs ; ce n'est qu'à la longue, et p
efforts de générations nombreuses poussant toujours
loin l'œuvre commencée, qu'on découvre les voi
moyens qui conduisent au but des descendants venus
mais d'autant plus favorisés de la science. En tout te
ceux qui ont tenu la tête dans notre science, se sont ar
ment préoccupés de tourner à leurs fins, c'est-à-dir
profit des recherches et des traitements médicaux,
auxiliaires mécaniques que les progrès de la techn
mettent à la disposition des habiles. Ils ont fait par
mêmes des inventions importantes. Mais l'usage dégén
abus : le gain aveugle et la perte lui succède. C'est c
arriva d'abord avec la montre. Depuis longtemps dé
tâtait le pouls, et l'on en comptait les pulsations. On savait
dans les affections fébriles, il était important de l'étudier
qu'on eut la montre qui fournissait un moyen si sûr de d
miner le nombre des pulsations dans l'unité de temp

(1) *Der Edelstein*, von Bonerius, herausgegeben von Georg Friedrich Benecke, Berlin, 1816, S. 450. — Graf, *Althochdeutscher Sprachsatz*. Berlin, 1846, II, S. 474-75.

(2) Dans le patois de Trèves, le mot *Ritzeroth* est, à ce qu'il paraît, encore en usage comme synonyme de *Glühendroth* (rouge feu).

(3) J'ai commencé à tourmenter une femme ;
Je caressai ses membres
Vigoureusement....

(1) Graf, *loc. cit.*

(2) Comp. l'anglais *fever* (fièvre). Je fais observer d'ailleur
ridsch et *ridsig* signifient chaud (de *ridsen*, *reizen*, *hetzen*, exc
sans affirmer pourtant qu'il faille rapprocher ces mots de *rito* et r

(3) Dans le *Buch der Natur* de Konrad von Megenberg, chano
Ratisbonne du XIVe siècle, on trouve plusieurs fois répété le mot
et ses dérivés *fiebren*, *febrieren*, *fiebrig*, et tout aussi bien le m
Cette dernière expression est réservée spécialement pour la fièvre
l'autre, pour la fièvre chaude. Dans un cas (ausgabe von Franz Pf
Stuttgard, 1861, 130, 9) *febris* est pris justement pour traducti
haizen sühten (maladie chaude).

lir une comparaison authentique entre deux périodes ıps successives, on perdit de plus en plus de vue l'idée relation originelle, essentielle, qui lie la fièvre et la rature du corps. Les praticiens se contentèrent pour la t de prendre le poignet du malade, de tirer la montre ir grave et de tâter le pouls. Pour eux, fièvre était synod'accélération du pouls, et, comme chaque pulsation l à une systole du cœur, rien ne leur parut plus nature d'en conclure que la fièvre avait son siége dans le et dans les vaisseaux.

x grands siècles s'écoulèrent avant qu'on sût joindre rmomètre à la montre, et mesurer la chaleur comme le . Mais, à peine le thermomètre fut-il devenu portatif, surtout aux travaux de Fahrenheit (de Danzig), que les ins l'employèrent à étudier la température du corps. it par recueillir assez d'observations, par constater assez s pour amener à sa solution cette question de la fièvre : d'hui on sait que pendant la période de frisson de la la chaleur interne est aussi intense, et que c'est seut à la superficie du corps que se manifeste ce refroidist, qui peut tromper le patient lui-même, à plus forte ceux qui l'assistent.

ainsi que notre siècle a relevé à la hauteur d'une scientifique un de ces vagues pressentiments que, dans ifs mais heureux essais, au premier âge de la Grèce, vation de la nature avait déjà fait concevoir. Lorsippocrate, cinq siècles avant notre ère, recueillit dans ple de Cos les traditions des Asclépiades, il trouva déjà é ce caractère thermique de la fièvre, et cette idée nbarrassée qu'elle était encore d'un appareil symbot dogmatique, était-pourtant au fond assez nette pour traitement du praticien, la cure par les rafraîchissants calmants, s'en déduisissent d'une manière toute logique. riomphe pour le père de la médecine, quand de nos l'investigation scientifique et l'expérience pratique, isune origine si différente, se rencontrèrent pour proclajustesse des principes qu'il avait posés ! Tandis que le re thermique de la fièvre était étudié scientifiquele traitement par l'eau froide, expression la plus fidèle, l faut bien le dire aussi, la plus exclusive de la méthode logistique, était appliqué avec succès, sur l'échelle la aste, dans les fièvres et les inflammations de toute . L'hydrothérapie, de routine qu'elle était entre les de grossiers empiriques, devenue consciente d'elle, étudiée et développée par les travaux de savants les, est aujourd'hui une branche indispensable de la ine pratique, et, bien que la théorie de ces enthou— qui voyaient dans l'eau froide la panacée souveraine aignaient à côté d'elle tout autre agent de guérison — soit ème tombée dans l'eau, la résistance des médecins de lle école est si bien combattue par ceux de la nouvelle, n'a plus peur de se faire un mauvais parti en reconat l'importance du traitement hydrothérapique.

temps d'Homère, c'était Apollon qu'on accusait d'enles maladies, et en particulier la fièvre; et il ne serait tre pas impossible de retrouver ses traces jusque dans le présent. Tout le monde connaît le beau passage au encement de l'*Iliade*, où Apollon, irrité de l'outrage fait prêtre par Agamemnon, prend son arc et va se venger s Grecs rassemblés devant Troie dans leur camp de ux. Quand la nuit tombe, il s'avance; il se poste non loin des vaisseaux, et de là décoche ses flèches : l'arc d'argent retentit d'un son terrible. Les bûchers funèbres s'allument et ne s'éteignent plus. Neuf jours durant, le fléau sévit : au dixième seulement, quand le sang des victimes expiatoires a coulé, la colère du dieu s'apaise.

Ce Phébus qui doit son surnom d'Apollon aux ravages qu'il fait parmi les mortels, nous le retrouvons encore avec sa sœur Artémis dans la lamentable histoire de Niobé et de Marpessa, Et qu'on ne s'étonne pas s'il se montre à nous sous deux formes; si le dieu de la lumière, lui qui préside aux chants et aux combats poétiques dans les bois et dans les campagnes, de cette même main qui répand la joie, la santé et la vie, sème en même temps les noirs soucis, la maladie et la mort. Ainsi fait l'astre du jour, dont les feux réchauffent et vivifient, mais brûlent aussi et donnent la mort : et aux yeux de nos naïfs ancêtres, dieux et astres, c'était même chose.

Nous qui vivons à l'abri de nos villes, dans le duvet du confortable, nous ne ressentons pas l'influence des variations de température comme le voyageur et le paysan. Ceux-ci même n'en souffrent pas autant dans notre climat, où le soleil n'a pas de trop vives ardeurs : mais il en est tout autrement dans les pays du Sud, et, de nos jours encore, plus d'une armée d'Europe a éprouvé à ses dépens que ces rayons sont mortels. L'arc d'argent du dieu n'a pas cessé de retentir, et la fièvre saisit l'imprudent qui s'est attiré sa colère!

Quelle différence entre nous et l'homme qui s'en tient encore à la vie des champs en pleine nature ! D'abord il subit la loi que lui fait la température. L'alternative des jours et des nuits, la succession des saisons, auxquelles sa santé est subordonnée, règlent sa vie; la terre et l'eau lui deviennent tour à tour bienfaisantes ou nuisibles, selon que le ciel est pur ou chargé de nuages. Pour lui, le soleil et les nuages, la terre et la mer, ne sont pas seulement quatre éléments comme pour les philosophes de l'école physicienne; à ses yeux, ils prennent figure : ce sont des êtres personnifiés avec lesquels il est en relation directe, des divinités dont il a à attendre la faveur ou la disgrâce: état d'enfance, puisque c'est l'enfant surtout, qui, dans le cercle étroit où se meuvent ses idées, se montre prompt à personnifier, mais état heureux aussi, puisque désirs, espérances et craintes y trouvent directement et sûrement leur objet.

Une fois que l'homme de la nature a fait du soleil Apollon, du rayon la flèche du dieu, et qu'il voit la cause du mal dans la blessure de cette flèche, il a bientôt trouvé la raison qui l'a fait frapper, et, pour en guérir, l'expiation lui paraît le seu remède. Il faut des prières et des sacrifices afin de calmer la colère du dieu. Lorsque les Grecs, sous les murs de Troie, voulurent se le rendre de nouveau favorable, ils lui immolèrent des hécatombes, se purifièrent de leurs péchés par des ablutions dans la mer, et entonnèrent le Pæan. Rien de plus conséquent ni de plus logique : c'est même une explication naturelle de la chaleur fébrile que de la faire puiser au foyer solaire et passer de là dans le corps humain. Ainsi s'explique que c'est moins dans l'intérieur des maisons qu'en pleins champs, que les traits du dieu sont à craindre. La fièvre des anciens était surtout la fièvre froide ou intermittente, qui, nous le savons aujourd'hui, a son germe dans les miasmes délétères exhalés du sol. Ce n'était pas cette fièvre qui prend ses victimes dans la population de nos villes, le plus souvent parmi les pauvres gens, le petit peuple, mais quelquefois aussi atteint les princes dans leurs palais; cette

fièvre que nous avons appelée la fièvre nerveuse ou typhoïde, et dont il faut chercher la cause dans l'encombrement d'êtres humains réunis sous le même toit. Les fièvres intermittentes sont les fièvres de la campagne romaine, des marais, des terrains bas sujets aux inondations. La fièvre typhoïde est le fléau des villes, des casernes et des prisons.

Ce rôle de destructeur que les Grecs avaient donné à Apollon, nous le trouvons rempli, chez d'autres peuples, par d'autres dieux, mais dont le caractère n'est nulle part aussi nettement dessiné : car, dans les dieux que se fait l'homme, se reflètent toujours l'image et la mesure de son génie. On ne retrouve dans aucune des divinités germaniques des attributs si bienfaisants alliés à d'aussi nuisibles. Le ciel brumeux de nos climats, ces sombres forêts de la Germanie, ces brouillards qui s'élèvent des fleuves et qui planent sur les eaux, éveillaient d'autres idées. Dans les légendes teutoniques, il est bien question de dieux dont les flèches inoculent les maladies aux mortels, mais on n'en voit aucun auquel l'imagination populaire ait attribué en particulier cette mission. Chez nous, ceux qui occupent à côté des dieux le devant de la scène, ce sont les géants, ces monstres dangereux dont la mythologie grecque avait fait promptement terminer le règne. Ce sont les sylphes (*Elben*, *Alben*, *Elfen*), et les divinités des prairies, des berges, des forêts inondées, qui sèment la fièvre. Le sylphe grimpe sur l'homme, et enfourche ses épaules, qui plient sous le fardeau.

Chez nous, les dieux sont depuis longtemps oubliés, comme le sont bien d'autres choses ; mais le sylphe (*Alb*) nous est resté, toujours à cheval sur nos épaules, quoique nous soyons près d'oublier qu'il nous vient de l'*Elbe* plutôt que des *Alpes*. Dans cette fable ancienne dont j'ai parlé plus haut, on lit ces mots : *Rite iouch Fieber* (la fièvre vous monte sur le dos), et l'on ne peut guère douter que le Ritte (*rito*) ne soit proche parent du sylphe, car la fièvre intermittente donne aussi l'oppression. La respiration s'embarrasse, le malade croit étouffer, comme s'il avait réellement un poids énorme sur le corps. Il se sent fortement étreint comme par les jambes d'un cavalier invisible, et ce malaise tout interne, qui provient d'une gêne dans les mouvements du diaphragme ou du cœur, est attribué à une intervention extérieure. Il n'y a rien là que de naturel. Les Romains en étaient bien venus à personnifier la fièvre, dont ils avaient fait une déesse. Il y avait trois temples à Rome à la *dea Febris*, et, bien entendu, on lui attribuait, de même qu'à Apollon, le pouvoir de communiquer la maladie comme celui de la guérir.

Devant le Dieu du christianisme tombent les autels d'Apollon et de la *dea Febris*. Les sylphes et les géants s'envolèrent au pays des rêves. Mais la mémoire du peuple est tenace. Du jour au lendemain ces dieux pouvaient-ils tous disparaître ? ou, pour nous en tenir à notre sujet, les maladies pouvaient-elles nous venir du Dieu qui est la bonté même ? D'ailleurs cet ange exterminateur du Seigneur, qui figure dans les vieilles traditions juives, avait-il seul le pouvoir de donner la mort ? A côté du roi tout-puissant des cieux et de la terre, n'y avait-il pas un mauvais principe sur le compte de qui on devait mettre tous les maux physiques et moraux de l'humanité ? On se ressouvient alors de vieilles croyances émanées des mythologies perses et égyptiennes. Ces mythes rajeunis prirent bientôt une forme précise. Ils s'allièrent, non sans que les prêtres chrétiens y aient parfois prêté la main, avec les vieilles divinités païennes précipitées de leurs autels. Une nouvelle personnification du feu, non plus au front radieux, co l'était Apollon, mais sous les traits sinistres du prince enfers, apparut en la personne redoutée du diable.

Les démons, les mauvais esprits lui servirent d'escorte bons génies des vieilles légendes devinrent de mauvais gé Le sylphe revêtit la forme fantastique du farfadet, désign le nom d'incube dans la langue savante du moyen âge holocaustes fumèrent de nouveau, les plus odieux qu'o jamais vus, parce que c'était, au sein d'une civilisation avancée, un fanatisme réfléchi, la superstition la plus cinée, qui faisaient monter des hommes sur le bûcher la plus grande gloire de Dieu.

On ne brûle plus de sorcières, on n'accuse plus les vi femmes de jeter un sort ou de donner la fièvre par desp magiques, des regards ensorcelés ou l'invocation du dé Mais le diable vit toujours parmi nous, et il n'y a pas jusq médecine scientifique qui, dans ces derniers temps encor Allemagne comme ailleurs, dans le camp des cathol comme dans celui des protestants, n'ait vu fabriquer de t pièces des systèmes de pathologie qui faisaient venir les r dies du diable en personne, ou tout au moins du péch ginel, et en indiquaient le remède dans les conjuration prières et les sacrements.

C'est pourtant une tentative désormais sans espoir de s que celle de prétendre introduire dans la science, pour l'i prétation des phénomènes naturels, la sourde voie de l'i ration divine, et de réserver au dogme une autorité pa lière, une véritable souveraineté sur l'expérience. Le t est passé où l'Église possédait l'élasticité merveilleuse de commoder de tous les phénomènes de la vie extérieure, je dire d'introduire dans son système toutes les idées répan sur la nature et sur l'homme, où savoir et croire ne fais qu'un, où chaque phénomène avait son explication toute dans l'influence personnelle de Dieu ou des saints, du d ou des démons. On peut déplorer cette défaillance de l'É les anciens, et notre Schiller lui-même, ont déploré la dence des dieux de la Grèce. L'imagination perd en eff terrain à chaque pas nouveau de la science ; le poëte s'en af mais le genre humain, qui a la mission de poursuivre un loppement jusqu'à ce qu'il atteigne la science véritable, obscurités, sans puérilités, sans lacunes, se voit forcé, p satisfaire, de chercher dans le fait réel la cause réelle q produit, et de ne pas mêler la symbolique aux choses séri Or, la science, elle aussi, est devenue une chose sérieuse le temps. L'inspiration, le simple attouchement, n'y ob nent plus le moindre succès. Un praticien exercé peut acquis le talent de calculer le nombre des pulsations température du malade, rien qu'en tâtant le pouls ; mais, acquérir cette habitude, il lui a bien fallu interroger l temps le thermomètre et la montre, et, dans les cas grav est toujours préférable de ne pas s'en rapporter à la si évaluation, mais d'user des auxiliaires techniques.

De nos jours où la technique fait des progrès incessant sciences de la vie, physiologie et pathologie, se sont vu leur tour obligées d'appeler à leur aide les auxiliaires n niques pour l'étude du corps humain et de ses activit l'heure qu'il est, grâce à la munificence éclairée du r Bavière, on voit fonctionner à l'Institut physiologique de nich une machine à vapeur spéciale, dont l'ingénieux m nisme permet de calculer par heure et par jour les perte fait le corps humain en acide carbonique, cet important

la respiration. Les progrès de la technique profitent biologiste et lui épargnent un travail monotone et . Ce ne sont plus seulement des auxiliaires qu'on e à la technique : les théories même qu'on a faites urs et la marche de la vie sont devenues mécani-faire entrer en ligne de compte Apollon ou le diable, originel ou les sentences des sorcières et des magi-st tourner le dos à la science ; admettre l'intervention s surnaturelles, c'est fausser la simple observation des nes naturels. Le thermomètre nous en apprend plus eux tous. On sait maintenant que la température du corps à l'état de santé, prise dans l'aisselle, oscille et 37 degrés du thermomètre centigrade, et que s est sa hauteur habituelle. La production et la con-de cette température ne dépendent que dans une cer-sure de la température extérieure avec laquelle nous en contact. L'air ambiant peut s'échauffer ou se re-e plusieurs degrés ; le corps n'en est pas moins capa-aintenir sa température. Une différence de 30 degrés mosphère n'amène souvent pas dans la chaleur du e différence d'un demi-degré. La sensation de chaud id n'apprend absolument rien sur la température s corps. Elle n'indique que l'état des nerfs de la peau ; ouvent, c'est une notion de différence : ce qui déjà comprendre que le malade peut passer du frisson à chaude sans que la température de son sang ait varié. a si peu conscience de ce qui se passe en lui, que le ent, sans l'auxiliaire de la technique, il ne pourrait e compte de l'état de son propre corps.

créature incomplète nous sommes si nous voulons rapporter à nos sensations, à nos jugements, aux seu-eptions de la conscience, et pourtant quelle perfection mécanisme merveilleux du corps qui, sans conscience ême, a un jeu si régulier, des régulateurs si nombreux sants ! Dès que l'activité externe des organes se ra-eux de l'intérieur entrent en fonction. Les matériaux ment comme dans un four. Le phlogiston, l'air inflam-u'on nomme oxygène, pénètre dans les poumons, u'ils donnent issue à la plus grande partie des maté-ûlés sous forme d'acide carbonique, de la même ma-'ils s'échappent d'un foyer où le bois s'est transformé C'est ainsi que le corps s'échauffe. Si au contraire la ture extérieure s'élève, les régulateurs interviennent têter les progrès de l'échauffement intérieur. La peau la sueur, en s'évaporant, combat la chaleur par le 'elle développe ; le corps se rafraîchit en dépit de l'air . En même temps vient la soif : nous prenons des fraîches, qui n'ont pas une action bienfaisante par l qu'elles sont froides, mais parce qu'elles mettent de s quantités de liquide à la disposition de la peau.

est la perfection du jeu de ces régulateurs et des au-e l'équilibre des fonctions, qui se révèle à nous par le nt du bien-être qui l'accompagne, peut se maintenir ngtemps, même dans les conditions les plus défavo-La chaleur interne n'est donc pas du tout, comme le t les anciens, un don que nous auraient fait les dieux naissance, et qu'on dût rapporter à une origine di-vine ; elle n'est pas davantage un présent incessamment re-nouvelé du soleil, ce bon astre qui cependant est pour notre terre une source de chaleur indispensable. C'est un produit spontané de notre corps, le salaire et le fruit de l'activité de nos organes. Et ce n'est pas seulement à l'état de santé que la chaleur du corps a cette origine. L'ardeur fébrile n'a pas non plus de foyer extérieur. Elle est, comme la chaleur ordinaire, le résultat de transformations extérieures et chimiques des ma-tériaux, le signe d'une combustion effectuée à l'intérieur. Mais ce feu ne consume pas seulement les matériaux introduits par la nutrition, il s'attaque aux tissus même du corps. Plus la fièvre est intense, plus il est dévorant, et plus tôt apparaît cet amaigrissement effrayant qui a valu aux fièvres chroniques le nom de fièvres de consomption, fièvres hectiques.

Si l'on songe qu'aussi bien dans les régions glacées du pôle, où le mercure se congèle, que dans les zones intertropicales, où le soleil projette verticalement ses rayons, l'homme est ca-pable de conserver sa température moyenne, on arrive bien vite à conclure que, dans la fièvre, ce ne sera pas à l'échelle thermométrique que la perturbation s'accusera davantage, mais bien plutôt dans le jeu des régulateurs. En effet, le ther-momètre nous montre que, dans la plupart des fièvres, la température du corps ne dépasse guère le 38ᵉ ou le 39ᵉ degré du thermomètre centigrade, c'est-à-dire ne s'élève que de 2 de-grés environ, et que seulement dans les fièvres typhoïdes et les fièvres intermittentes les plus violentes, de même que dans un certain nombre de fièvres inflammatoires et d'érup-tion, la température du sang atteint 40 et 41 degrés, c'est-à-dire s'élève de 3 à 4 degrés au-dessus de la limite ordinaire. Cette chaleur si minime est pour ainsi dire insupportable. La soif devient insatiable ; les mouvements respiratoires de la poitrine se précipitent pour aspirer un air plus frais : ceux du cœur sont aussi plus violents. Le corps s'agite de gestes in-quiets ; la tête s'échauffe ; les idées, qui naissent en foule, pren-nent un cours impétueux sur lequel la volonté perd de plus en plus son empire ; enfin la charpente organique se détériore dans ses éléments les plus essentiels, parce que les régulateurs ne suffisent plus à enrayer le progrès de la consomption dans les tissus.

Il est donc de la plus grande importance d'y couper court le plus tôt possible. Parfois la cure est spontanée, du moins pour un certain temps. Ce phénomène est ce qu'on a appelé la crise (*crisis*) : c'est la fièvre intermittente qui en offre sur-tout le type. En effet, dans cette maladie, chaque accès de fièvre se compose régulièrement de trois périodes : à son début, la perturbation fébrile s'annonce par le frisson ; aus-sitôt après, la fièvre chaude apparaît ; à sa suite, vient la sueur, et avec elle la crise ; puis une période, souvent assez longue, de rémittence, jusqu'au prochain accès, où les mêmes phases se reproduisent. La plupart des fièvres du Midi pren-nent un caractère intermittent, et l'on peut reconnaître en elles cette marche périodique et régulière : c'est ainsi que les premiers médecins de l'antiquité durent être frappés du rôle qu'occupaient les crises telles qu'ils les avaient sous les yeux. Pourtant la sueur n'est pas le signe infaillible de la rémis-sion. Dans les fièvres de consomption, le travail intérieur de destruction se poursuit, tandis que le malade fond en eau ; dans la fièvre typhoïde, on voit le frisson céder la place à l'ardeur fébrile pendant des semaines entières, avec alternatives d'élévation et d'abaissement de température ; et, lorsque long-temps après la crise, les sécrétions apparaissent, on ne doit

yez dans notre tome III, p. 305, une leçon de M. R. Virchow nception mécanique de la vie.

plus les considérer comme la cause de l'amélioration produite, mais plutôt comme sa conséquence.

En général, pour se rendre un compte exact du mécanisme compliqué de la fièvre, il faut se remettre devant les yeux le mécanisme du corps lui-même. Il ne faut pas se représenter le corps sous la forme d'une masse inerte que le souffle, τὸ πνεῦμα, comme disaient les Grecs, ou, suivant l'expression des anciens Juifs, l'haleine vivante pénètre pour lui communiquer l'activité vitale. Il ne faut pas se le figurer non plus comme une machine véritable que l'âme gouverne selon ses intentions.

Tout au contraire, le corps est un ensemble d'organes animés dont les parties, prises séparément, travaillent, à la vérité, suivant les lois de la mécanique, mais ont chacune en elles-mêmes la raison de leur activité ; en un mot, possèdent la vie. Ce sont là plusieurs vies particulières qui s'associent à une vie commune, millions d'existences isolées, capables d'action et de vie indépendantes, qui se soumettent à une mutuelle dépendance, et gagnent à cette association l'influence réciproque des unes sur les autres. Les unes sont d'une constitution plus parfaite : ce sont les plus nobles et les plus importantes ; d'autres sont faibles, pauvres, isolées, sans grande action : elles ont moins d'importance, ce qui ne veut pas dire pour cela que leur absence ne ferait aucun vide dans le tout.

On ne peut donc comparer le corps humain, aussi bien que celui des animaux, qu'à ces êtres collectifs, chez lesquels des individus doués de vie propre et d'action distincte entrent en rapport les uns avec les autres : par exemple, à la famille, à l'état, à la société. Nous y retrouvons le petit et le faible à côté du grand et du fort ; le simple particulier à côté du prince et du monarque ; tous parties animées d'un tout, chacun avec sa vie particulière et son caractère individuel et propre. La vie des États et des sociétés a aussi ses fièvres, et d'autant plus fréquentes, que les forces naturelles et régulatrices sont soumises à plus d'entraves.

Quels sont maintenant, dans cette association des parties du corps humain, les pièces régulatrices ? Nous les trouvons tout d'abord dans le sang et le système nerveux. Le sang est la voie de circulation des matériaux ; les vaisseaux le portent dans tout le corps, et, après de longs détours, le ramènent au cœur, avec une autre composition, pour le faire ensuite retourner aux poumons, le grand laboratoire où s'effectue l'échange des gaz. Il y puise l'oxygène qui fait brûler les matériaux, et y dégage l'acide carbonique produit dans la combustion. C'est dans le sang que chaque partie du corps prend les matériaux dont elle a besoin, et c'est à lui qu'elle rend ceux qui lui sont devenus inutiles. Peut-on dès lors s'étonner que le sang puisse être une cause de perturbation générale et le siége de maladies constitutionnelles ? Par toutes les voies, les matières nuisibles se déversent dans le sang, et, lorsqu'il les porte dans chaque partie, elles y deviennent un puissant agent de désorganisation. C'est la source des fièvres putrides, dans lesquelles le sang commence par se vicier sous l'influence de substances corrompues, surtout de substances chimiques, produits de la décomposition des corps animaux ou végétaux. Le sol et la demeure qu'on habite, la nourriture et le métier qu'on exerce, peuvent être les causes de semblables décompositions ; mais le corps peut aussi en trouver le germe en lui-même, et ce sont les infections les plus terribles, parce qu'elles sont les plus mystérieuses, celles dont on porte en soi le principe. Plusieurs des fièvres dites traumatiques ou fièvres inflammatoires appartiennent à cette catégorie ; on les voit sévi
cipalement dans les hôpitaux encombrés, comme ils l
par exemple, à la suite des grandes batailles.

Il ne faudrait pas croire pourtant que toutes les infe
du sang amènent nécessairement la fièvre. Le cholé
l'une des maladies infectieuses les plus terribles ; il n'es
tant pas essentiellement fébrile. Quand il prend un
tère grave, il détermine chez le malade un abaissem
température si considérable, qu'on lui a justement
l'épithète de *glacé* (*cholera algida*).

La corruption du sang n'entraîne donc la fièvre apr
que dans le cas où le système nerveux se trouve simu
ment attaqué dans ses parties essentielles, où par cons
les substances délétères passent du sang dans certain
nerveux.

Mais, d'un autre côté, le système nerveux a un
empire dont le sang n'est qu'une partie, et il y a bi
fièvres à l'origine desquelles le sang n'est pas attaqué
lesquelles on ne peut trouver trace d'infection. Celle
nomme typhoïde, le typhus, n'appartient pourtant pas
catégorie, car c'est justement une maladie d'une infec
bien caractérisée, qu'elle produit presque l'effet d'un
sonnement véritable. Mais il y en a d'autres assez c
dans la tradition populaire, qui viennent du système ne
de ce nombre est la fièvre d'amour, dont l'histoire de
decine connaît de si curieux exemples ; on pourrait p
y ajouter la fièvre belliqueuse et la fièvre démocrati
l'élévation de température était chez elle bien consta
tout cas, on peut y compter la fièvre de consomption,
provoquée par des efforts excessifs et prolongés, soit du
soit de l'esprit, qui achèvent de ruiner une constitutio
épuisée et un système nerveux affaibli. Car, une faibles
stitutionnelle, qu'elle soit due à un tempérament d
une nourriture insuffisante ou à l'épuisement du trava
pose toujours le système nerveux à la surexcitation féb

Nous sommes habitués à dire surexcitation. Il n
drait pourtant pas en conclure que le système n
déploie généralement dans la fièvre une plus grande
de force ; tout au contraire, ce n'est que par brusqu
sauts, pour un temps limité, que l'énergie vitale aug
et dans ces circonstances il faut l'attribuer à un acc
ment d'irritabilité. A ce titre, c'est donc moins un si
force que de faiblesse, et tous les phénomènes s'accor
montrer que dans toutes les fièvres, quelle que soi
origine, le caractère dominant des fonctions du systèm
veux et même justement des fonctions régulatrices, c'est
blesse et l'inertie. Les muscles n'obéissent plus que
ment aux impulsions qu'ils reçoivent : on s'étire
s'étend, comme à la suite d'un grand effort physique
sent de la répugnance pour toute espèce d'activité ou d
sance, la plus légère brise donne le frisson ; en un m
ressent par tout le corps un malaise général qui n'attei
tant les différents organes en eux-mêmes que dans
relations réciproques. C'est une rupture de l'équilibre
traduit par une perturbation des fonctions internes.

Cette perturbation s'accuse bientôt davantage encor
contractions du cœur se précipitent ; le pouls s'ac
tandis que l'activité disparaît dans les autres muscl
frisson apparaît, tandis que la chaleur intérieure devie
jours plus intense.

On s'explique très-bien d'ailleurs ce refroidissemen

:e, malgré l'échauffement insolite du sang; car la con-
›n des vaisseaux ne laisse pas arriver à la surface du
une quantité de sang suffisante pour compenser les
causées par le rayonnement. Mais, dira-t-on, la contrac-
es vaisseaux sanguins est un phénomène qui, de même
accélération des battements du cœur, annonce une acti-
naccoutumée des organes qui la produisent : comment
on trouver là un symptôme d'affaiblissement? C'en est un
ant ; car, lorsque la vie suit son cours normal, le système
ux agit partout comme modérateur : c'est cet agent de
omie organique qui non-seulement intervient entre les
entes parties du corps, mais règle le débit du sang en
it la vitesse des battements du cœur et la capacité des
aux. Qu'il vienne à perdre son pouvoir médiateur et
rateur, qu'il soit frappé de paralysie dans son siége,
ues parties isolées du corps ont beau déployer une
té anormale, il n'en demeure pas moins constant que le
a subi un affaiblissement dangereux dans ses organes
us importants.

nesure que ce fait s'est imposé avec plus de certitude
médecine moderne, on a de plus en plus rejeté cette
e qui, il y a quelques dizaines d'années, était encore
ande faveur dans notre pays, et qui voulait voir dans la
une réaction salutaire contre un agent pernicieux, soit
ppé dans le corps, soit reçu de l'extérieur, et dans la
le dernier terme de cette réaction, sa victoire. Cette
rétation n'a pas peu contribué à habituer les médecins
itement par l'expectation, bon nombre même d'entre
rôle de simples spectateurs appelés seulement pour
r les influences dangereuses. Bien que ce nihilisme
son bon côté en mettant un frein à l'abus des saignées
me pharmaceutique aussi dangereuse que compliquée,
e peut pourtant pas douter qu'il n'ait aussi beaucoup
ibué à faire tomber en discrédit la science médicale, et
rir au plus grossier charlatanisme l'accès de la société
regardait comme le foyer de la civilisation la plus
ée. C'est ainsi que nous en sommes venus à voir se
luire dans les salons de plus d'une cour d'Europe
cènes renouvelées de ces prêtres escrocs des temples
llon, avec les incantations et les épodes, telles que les
iens de la Thrace les avaient introduites en pleine civi-
n hellénique. Considérée au point de vue de l'ensem-
e l'organisme, de l'unité ou plutôt de la collectivité du
, la fièvre n'est pas plus une réaction qu'une action à
ement parler: c'est un état passif. Il doit aboutir au
lissement de l'équilibre dans les fonctions. La combus-
intérieure, l'activité du cœur, qui étaient accélérées,
nt se ralentir. Le système nerveux, qui avait subi un
sement; les organes sécréteurs, dont l'activité s'était
tie, doivent reprendre leur vigueur. L'individualité du
le, l'état particulier de ses organes, la nature des causes
nt amené la fièvre, le temps de la maladie, et beaucoup
res facteurs, déterminent le choix des remèdes, qui varie
ment selon les circonstances. Tantôt nous combattons
ement l'échauffement, tantôt nous le faisons par l'in-
diaire du cœur ; dans certains cas, on fortifie le système
ux, dans d'autres on excite les organes sécréteurs.

ci ce qu'on appelle la méthode hippocratique : indivi-
er le cas, l'analyser avec tous les auxiliaires de la
ique, avec toute la rigueur dont les sens et l'esprit sont
les, choisir les remèdes sûrs d'après le nom de la maladie, qui varie suivant les temps, mais d'après le caractère particulier des cas. Ce n'est pas dans les détails de l'exécution, dans la pratique proprement dite, qu'il faut chercher les analogies de la méthode hippocratique, telle que nous la comprenons de nos jours, avec celle qu'Hippocrate a suivie lui-même ; mais c'est son esprit général que nous avons recueilli. Elle est la base de la médecine scientifique, et nous pouvons rendre cette justice à l'Allemagne que, malgré sa décentralisation, la dispersion de ses forces et les entraves qui en résultent pour la science, elle a toujours tenu la tête du mouvement dans cette voie. On nous permettra d'espérer qu'il lui sera donné de réaliser plus complétement que cela n'eut lieu en Grèce, les effets pratiques que des espérances éclairées sur la vie et la maladie peuvent avoir pour l'amélioration de la vie du peuple. Hippocrate mourut dans le siècle même où les intrigues de Philippe de Macédoine réussissaient à détruire la confédération de la Grèce. La période troublée qui suivit ne fut pas favorable aux progrès de la science ; et le mémorable livre d'Hippocrate sur les airs, les eaux et les lieux, qui nous reste, n'est pour nous que l'indice de ce qu'on aurait pu faire pour le bien général, si une école scientifique progressiste avait peu à peu vulgarisé ces trésors d'expérience que les fils d'Apollon avaient accumulés en si grande abondance.

De nos jours, la médecine a accepté cet héritage avec la tâche qu'il impose. Puisse-t-elle réussir à montrer par des résultats positifs qu'elle doit son origine au dieu de la lumière, et qu'elle est par conséquent de race divine, ce dont on ne peut faire l'objet d'un doute juridique. On en a en effet des témoins encore existants, les corbeaux : ils étaient blancs autrefois, et durent de changer de couleur à une malédiction qu'Apollon lança contre eux à la naissance de son fils Esculape. Quant à la cause de cette malédiction, nous renvoyons à la loi sur le divorce, et ce n'est pas le cas de la développer ici.

RUD. VIRCHOW,
Membre de la Chambre des députés de Prusse,
Professeur à l'Université de Berlin.

— Traduit de l'allemand par LÉPINE. —

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. LÉON VAILLANT

Histoire d'un œuf

Mesdames et Messieurs,

Le sujet que je viens traiter aujourd'hui devant vous est, sans contredit, un des plus intéressants de l'histoire naturelle, et je tiens à exprimer dès à présent le regret de voir mon estimé collègue et ami M. Bert, auquel le choix en est dû, empêché de prendre cette place qu'il avait acceptée et qu'il aurait si bien remplie ; mais l'exposé de ces faits présente des difficultés assez grandes pour que j'eusse hésité peut-être à l'aborder sans les conseils qu'ont bien voulu me donner plusieurs de nos maîtres. Fort de ces encouragements, je vais chercher à vous exposer de mon mieux les faits qui se rattachent à l'histoire d'un *œuf*, comptant avant tout sur votre indulgente bienveillance.

Cette question soulève un monde de mystère. Quelles sont les parties qui constituent l'œuf? Quelle en est l'origine? Par

quel enchaînement de phénomènes les matières, en apparence inertes, qu'il contient arrivent-elles à produire l'être animé ? Tels sont les différents problèmes que je désirerais essayer de vous faire comprendre ; je voudrais en dernier lieu vous montrer la généralité de ces curieux phénomènes lorsqu'on les suit dans les divers groupes de la série animale, en vous exposant les merveilleux résultats auxquels de longues suites d'observateurs sont arrivés dans leurs patientes recherches. Mais je vous prierai de m'excuser si parfois quelque mot un peu étrange, ou, si vous préférez, trop savant, se trouve forcément prononcé. Les objets dont je dois vous entretenir n'ont guère pu être vus, et c'est là une des grandes difficultés de leur exposition, que par les hommes de science ; il ne faut donc pas vous étonner, en entrant dans ce domaine, d'entendre parler la langue de ceux auxquels il appartient ; d'ailleurs l'intérêt que présentent les faits curieux de ce développement saura, j'espère, vous faire accepter ces quelques rudesses.

Beaucoup d'entre vous, mesdames surtout, auront observé lorsque, suivant l'expression culinaire, on vide une volaille, qu'elle présente parfois dans son intérieur des œufs à différents états de développement. Cela n'est pas fréquent, puisqu'on a intérêt à ne pas sacrifier une poule pondeuse, mais cela se rencontre. On est alors frappé de l'énorme différence de taille et de couleur qu'ils peuvent présenter : les uns n'ont pas plus de 2 à 3 millimètres de diamètre ; ceux-là sont blanchâtres, incolores ; d'autres atteignent 3 centimètres, 3 centimètres et demi, ils sont dorés ou oranges. L'esprit le moins attentif compare immédiatement ces derniers au jaune, tel que vous le connaissez dans l'œuf complétement développé, et c'est bien en effet cette partie qu'ils représentent. Les plus petites sphères dont je viens de vous parler sont cependant déjà des organes complexes : je ne crois pas utile d'entrer, à cet égard, dans de plus grands détails ; je me bornerai à vous dire qu'à l'aide de dissections attentives et par l'emploi du microscope, on est arrivé à pousser beaucoup plus loin l'analyse, et qu'on peut reconnaître les rudiments de l'œuf bien constatés dans des cellules qui n'ont pas plus d'un quart de millimètre ! Et cependant cette partie si ténue, qu'on désigne sous le nom de petit œuf ou *ovule*, est réellement la partie la plus importante, puisque c'est son contenu qui servira de point de départ pour le développement du nouvel être. Lorsque cet ovule s'est formé, alors qu'il est encore dans l'organe producteur, des cellules remplies de matières albuminoïdes, grasses, etc., s'accumulent peu à peu autour de lui ou plutôt à côté de lui ; ces matières, colorées par deux substances, l'une jaune, l'autre rouge, découvertes par M. Chevreul, sont précisément celles qui achèvent de constituer le jaune, partie centrale de l'œuf complet (voy. fig. 32).

Ce jaune ou *vitellus* (*j*), arrivé à son entier développement, forme une sphère d'environ 3 centimètres de diamètre, portant sur un de ses côtés, à l'un des pôles, pour parler d'une manière plus exacte, l'ovule, qu'on appelle habituellement alors *cicatricule* (*g*) ; le tout entouré d'une membrane spéciale, la *membrane vitelline* (*mv*). Bientôt se dépose autour de lui une autre substance transparente, légèrement jaunâtre, d'aspect semi-gélatineux, l'*albumen* (*b*, *b'*, *b''*), qui, sous l'action d'une chaleur de 80 à 100 degrés, l'eau bouillante, se concrétant, se figeant, si vous voulez bien passer cette expression, forme une masse dont la couleur tranche sur celle du jaune ; d'où l'on a pris le nom de *blanc de l'œuf*, qui, vulgairement, sert à la désigner. La masse albumineuse est elle-même entourée d'une enveloppe spéciale (*mc'*) et séparée de la membrane vitelline par une autre enveloppe appelée *membrane chalazifère* (*mc*). Enfin, tout à fait au dehors, existe encore une tunique dite *membrane coquillière*, doublant dans toute son étendue la *coquille* (*c*), dernière enveloppe de l'œuf. La membrane coquillière et celle de l'albumen sont intimement unies et difficilement séparables sur une grande partie de leur étendue ; cependant, au bout de peu de temps, à la grosse extrémité, elles se dédoublent pour laisser un espace libre qu'on appelle la *chambre à air* (*a*), désignation tirée de la nature du gaz qu'elle contient. Il me reste, pour vous donner une idée complète des différentes parties qu'on distingue dans cet œuf de poule, à vous signaler deux cordons tordus en sens inverse l'un de l'autre, les *chalazes* (*ch*), qui s'étendent de la membrane chalazifère, dont ils ne sont qu'un prolongement, à la membrane de l'albumen.

En résumé, l'œuf peut être considéré comme constitué par une série de couches d'épaisseurs différentes, emboîtées les unes dans les autres. En les énumérant de l'extérieur à l'intérieur, ce sont : la coquille, la membrane coquillière, la membrane de l'albumen, ces deux dernières n'étant bien distinctes qu'autour de la chambre à air ; le blanc de l'œuf, la membrane chalazifère, enfin la membrane vitelline, renfermant le jaune sur lequel est appliquée la cicatricule. Si je ne tenais à passer légèrement sur tous ces détails un peu arides, je pourrais vous montrer par quelle série de travaux ont été acquis ces résultats : pour presque toutes ces membranes leur origine, pour certaines leur réalité, ont été l'objet de débats, et de volumineux mémoires ont été publiés pour ou contre plusieurs d'entre elles, avant qu'on ait pu leur acquérir définitivement droit d'existence scientifique. On pourrait aussi pousser plus loin ces divisions, et, dans un travail récent, le docteur Blasius reconnaît dans la coquille seule trois couches distinctes.

Cette minutieuse analyse peut, au premier abord, vous paraître futile et bien près de pouvoir figurer à côté des questions politiques qui soulevèrent le gros et le petit bout de l'œuf dans le royaume rendu célèbre par les récits de Swift ; mais chacune de ces parties a son rôle indispensable dans le développement du petit oiseau. Les unes servent à sa nourriture, d'autres sont des moyens de protection ; c'est au travers de ces membranes que s'opèrent les échanges de matière nécessaires à l'activité vitale : à tous ces points de vue, elles méritent d'être distinguées.

Pour simplifier cette énumération, il suffit d'ailleurs de grouper les différentes parties de l'œuf suivant leur rôle physiologique. La cicatricule est la partie active d'où procède le nouvel être ; le jaune et le blanc sont des provisions destinées à le nourrir ; les différentes enveloppes ont une utilité mécanique.

Quant à la provision alimentaire et à son emploi par le jeune animal, le fait parle de lui-même : tout le monde a vu ou sait que toutes ces matières, jaune ou blanc, si faciles à reconnaître au début dans l'œuf distingué par les ménagères sous l'épithète de frais, n'existent plus à la fin de l'incubation, et la coquille renferme alors un petit poulet parfaitement développé.

L'analyse chimique parle dans le même sens d'une manière frappante, en nous montrant que la composition élémentaire de l'œuf, laquelle est presque exactement celle du lait (ali-

lestiné aussi à nourrir pendant un certain temps d'une
re exclusive un jeune animal), renferme tous les pro-
écessaires au développement d'un être complet, ma-
grasses, matières albuminoïdes, sels calcaires, etc., pour
trouve tous les matériaux de sa substance, depuis celle
mera son système nerveux et ses muscles, jusqu'à celle
os et de ses plumes.

e qui concerne les usages mécaniques que remplissent
érentes membranes pour quelques-unes, ils sont des
mples à saisir. Il est clair, en effet, que la coquille
ncroûtée de carbonate de chaux, joue un rôle de pro-
contre des ennemis venant de l'extérieur, qu'elle
e au refroidissement pendant l'incubation par son peu
ductibilité pour la chaleur, tout en permettant au-tra-
ses pores les échanges gazeux. Mais un des exemples
s curieux est celui qui nous est fourni par les chalazes,
elles les anciens, frappés par la singularité de leur
faisaient, bien à tort, jouer un rôle capital dans la
ion de l'être, formation à laquelle elles concourent
manière indispensable, comme vous allez le voir, mais
lant secondaire. Ces sortes de cordons tordus (fig. 32, *ch*)
lent de la membrane chalazique à la membrane de
nen, en adhérant à toutes deux; ils tiennent donc en
sion dans le blanc le contenu de la première, c'est-à-
sphère formée par le vitellus et la cicatricule, c'est-



Fig. 32. — Coupe théorique de l'œuf de poule.

le jaune. On remarque que ces cordons ne s'insèrent
sle au niveau du centre de cette sphère, mais un peu
hors, de telle sorte que celle-ci se trouve divisée en
parties inégales en volume, et par conséquent en poids;
l résulte que, dans le milieu fluide qui le renferme,
ne doit toujours se placer suivant les lois de l'équilibre,
dant ou en détordant les chalazes, sa partie la moins
en haut, quelle que soit la position donnée à l'œuf
ntalement placé, le point d'insertion des chalazes res-
nvariablement au-dessus du centre. Cette disposition
pas sans objet, car la cicatricule, qui est réellement
tie vivante de l'œuf, est justement placée sur le jaune,
e correspondant à cette moitié supérieure de la sphère,
conséquent se trouve toujours en haut (fig. 32, *vg*).
'incubation naturelle, la poule couvant ses œufs en
chant sur eux, la cicatricule est donc plus directe-
qu'aucune autre des parties du vitellus en rapport
source de chaleur indispensable à son développement.
difficile de s'imaginer une disposition à la fois plus
et aussi parfaite pour obtenir ce résultat.

début, on peut se représenter la cicatricule comme une petite masse parfaitement homogène, inerte jusqu'à un certain point, mais susceptible, dans des circonstances convenables, de se développer par une succession de phénomènes vitaux ou de nutrition. J'ai dit inerte, ce mot n'a rien d'exagéré, mais demande explication. C'est que, comme la graine d'une plante, à laquelle l'œuf est avec vérité assimilable, ce dernier peut garder à l'état latent sa puissance vitale. Tout le monde sait que les semences d'un grand nombre de végétaux sont conservées pendant un temps considérable sans perdre pour cela la faculté de germer, lorsqu'elles sont de nouveau déposées dans le sol; presque toutes nos plantes cultivées sont dans ce cas, et l'expérience journalière nous le montre: des observations spéciales ont fait voir que cette conservation pouvait être excessivement prolongée pour certaines graines, puisqu'on a pu en employer avec succès que avaient été trouvées dans des sépultures anciennes, où depuis bien des siècles elles étaient ensevelies. L'œuf de la poule et des autres oiseaux n'offre certainement pas des exemples comparables de longévité; mais, lorsqu'il se trouve dans les conditions où je l'ai décrit plus haut, c'est-à-dire lorsque l'évolution n'a pas encore commencé, il peut être conservé pendant plusieurs jours, plusieurs semaines même, sans perdre pour cela la faculté de se développer, laquelle cependant, dans d'autres circonstances, eût pu se montrer beaucoup plus tôt. Le fait est bien connu des éleveurs, et donne de grandes facilités pour le transport et l'échange des espèces domestiques ou apprivoisées. La condition nécessaire pour maintenir l'œuf dans cet état d'inertie est de le soumettre à une température suffisamment basse pour que la cicatricule ne trouve pas le degré de chaleur nécessaire à son évolution, sans toutefois qu'un froid trop vif vienne détruire les matériaux renfermés dans la coquille.

A l'état de nature, la chaleur est fournie par la mère, qui se place sur ses œufs pour les *couver*. On peut artificiellement obtenir le même résultat dans des appareils spéciaux où l'on entretient d'une manière continue une température convenable. Ces couveuses artificielles, comme on les appelle, encore peu répandues dans nos pays, sont de temps immémoriaux l'objet de grandes exploitations en Égypte, et surtout en Chine, où certaines habitudes dans l'alimentation les font particulièrement employer. Quelle que soit la source qui lui fournit ce calorique, lorsque l'œuf s'y trouve soumis, le travail vital commence aussitôt à s'y manifester.

Mais par suite de quels phénomènes la cicatricule absorbe-t-elle les matériaux nutritifs déposés dans l'œuf? Comment donne-t-elle naissance au petit poulet? Les anciens avaient à ce sujet, une idée qui paraît si simple, si logique, qu'on a grand'peine au premier abord à ne pas la regarder comme étant l'expression de la vérité. Lorsque nous jetons les yeux sur les animaux qui nous entourent le plus habituellement, cheval, bœuf, poule même, et que nous les examinons dans leur croissance, nous voyons le petit ne différer réellement de l'adulte que par des caractères accessoires, tels, par exemple, que la taille, la couleur, parfois l'état rudimentaire ou l'absence de certaines parties peu importantes, comme les cornes, très-petites chez le veau, la crête, nulle chez le poussin. Il semblait naturel de reporter cette idée à l'origine du développement, et l'on admit que l'œuf de la poule contenait dans la cicatricule un petit être reproduisant en miniature la forme de l'animal qui lui avait donné naissance, et qui n'avait, par conséquent, qu'à s'assimiler les aliments contenus dans l'œuf pour

accroître ses différentes parties : c'est ce qu'on désigne scientifiquement sous le nom de *théorie de l'évolution.* On avait cependant, dès l'époque d'Aristote, cherché, par l'étude de l'œuf de poule, à vérifier expérimentalement la réalité de cette théorie ; mais, malgré l'incontestable talent des observateurs, empêchés par les moyens imparfaits d'investigation dont on pouvait disposer, surtout par le manque d'instruments grossissants, il ne leur avait pas été possible d'élucider ce problème, qui n'a pu être abordé avec succès que dans les temps modernes ou après les travaux de Harvey, de Hunter ; les recherches de Baer, de Wagner, de Serres, de M. Coste, etc., nous ont montré combien ces idées théoriques étaient loin de la vérité.

Je ne vous entretiendrai pas longuement des premiers



FIG 33, 34, 35. — Apparition du système nerveux dans la tache germinative. La ligne extérieure indique le contour de la tache germinative, les deux lignes larges intérieures (A : *b*, *d*) les bords de la gouttière formant la ligne primitive.

phénomènes dont la cicatricule est le siége, malgré l'importance physiologique qu'ils présentent, en ce qu'ils paraissent généraux dans presque tout le règne animal : ils consistent en des divisions successives en deux, en quatre, en huit, et ainsi de suite, en doublant toujours le nombre des parties. Ce phénomène, désigné sous le nom de *fractionnement*, n'altère pas la forme de la cicatricule, point qui me paraît devoir spécialement vous intéresser. La surface extérieure de la portion ainsi fractionnée se sépare bientôt de la partie interne, et forme une enveloppe, le blastoderme, dans laquelle apparaissent les premières traces du petit. C'est d'abord un simple épaississement de la membrane, formant une sorte de tache blanchâtre allongée, un peu dilatée à ses deux extrémités, ayant, suivant l'expression généralement employée, l'apparence d'un biscuit à la cuiller (fig. 33). Même en laissant de côté le fractionnement et la formation du blastoderme, vous pouvez voir ici combien nous sommes loin de l'idée des anciens, et réellement il serait difficile de reconnaître dans cette tache informe le poussin futur qu'elle doit donner par son évolution.

Dès ces premiers développements cependant, le petit être vit comme il vivra plus tard : il absorbe pour s'accroître, il respire ; aussi, à partir de ce moment, si les conditions nécessaires à son existence, gaz respirables, chaleur, viennent à lui manquer en tant qu'être activement vivant, il doit mourir. C'est là la cause qui empêche l'œuf dont la coquille a été rendue imperméable par l'application d'un vernis de se développer ; c'est ce qui vous explique pourquoi, lorsque l'évolution a commencé, l'œuf ne peut plus être transporté sans dommage comme dans les premiers temps, la mort du petit oiseau en étant nécessairement la suite. En vous rappelant la propriété de conservation dont jouissait l'œuf fraîchement pondu, vous comprenez comment, à cette époque, il pouvait être conservé plusieurs jours sans cesser d'être propre à l'alimentation, tandis que celui qui a subi un commencement d'incubation se décompose avec la plus grande rapidité. Le fait est bien connu en Chine, où, comme ont pu vous l'apprendre les récits des voyageurs, les œufs retirés des fours à couver, à différentes périodes de développement du petit, sont re-



FIG. 36. — Embryon et premier système circulatoire, vaisseaux omphalo-mésentériques.

gardés comme un manger excellent, ce que m'ont confirmé plusieurs personnes qui en parlaient après expérience. Ceci répugne par habitude à nos estomacs délicats ; mais si l'on veut bien établir la distinction, que nous ne faisons pas d'ordinaire dans notre esprit, entre l'œuf couvé, mais encore vivant, et l'œuf couvé mort, facilement putréfiable, on peu croire que le goût des habitants du céleste empire n'est peut-être pas aussi dépravé que veulent bien le croire les hommes de la jeune Europe.

Dans les premiers changements que subit la tache germinative, l'être s'affirme en montrant, à l'état d'ébauche il est vrai, mais très-nettement, le plus important, ou tout au moins le plus spécial de tous ses appareils organiques, celui qui constate sa qualité d'être sensible, le système nerveux. On voit, au milieu de l'épaississement qui constitue le petit poussin à cette époque (fig. 33 et 34), se marquer, suivant le sens de la longueur, une ligne plus claire, la ligne primitive, qui n'est qu'une gouttière creusée dans la masse ; c'est là que se développera l'axe qui constitue la moelle épinière. Cet axe se renfle un peu vers l'une des extrémités (fig. 35), au point où devra plus tard se trouver le cerveau.

Pendant ce temps, la forme de la tache se modifie. Produite, comme vous l'avez vu, par l'épaississement d'une membrane entourant une sphère, elle doit être convexe d'un côté, c'est le côté dorsal, concave de l'autre. Cette disposition s'accentue de plus en plus ; les bords deviennent plus saillants ; la tache, de la forme d'une lame faiblement courbée, passe à celle d'une sorte de plat allongé, d'un bateau ; puis les bords se rapprochent jusqu'à se souder, et l'animal possède alors une cavité intérieure dans laquelle se forment les différents appareils digestifs, respiratoires, etc., tandis que la paroi donne

ce aux membres, aux organes des sens, etc. C'est ent alors qu'à proprement parler, la forme de l'être f commence à se faire apercevoir. Du côté du cerveau, es cavités spéciales, se développent les yeux ; les petits ons circonscrivant la bouche donnent naissance au autres, s'élevant plus loin latéralement, indiquent les où seront les membres antérieurs et postérieurs, les t les pattes. Dès cette époque, la seule qui ait été des anciens, on rentre en quelque sorte dans la théorie olution ; avant cela, c'est par l'emploi de matériaux pris ce que l'être se constitue : il s'ajoute ainsi des portions ière qui s'organisent. On a appelé cette théorie, *théorie genèse;* c'est celle qui est adoptée aujourd'hui.

lifférents appareils de la vie de nutrition, d'ailleurs d'ébauche, ne servent encore en rien à leurs usages et ne doivent entrer en action qu'après la sortie de Des fonctions identiques s'exécutent cependant, mais en d'appareils spéciaux, transitoires, dont le rôle cesand le petit, brisant sa coquille, se trouvera en rapport monde extérieur ; il nous reste à les examiner. Dans miers temps, lorsque le petit constitue simplement la erminative, il prend directement les substances alibiles sorte d'imbibition : plus tard, lorsqu'il commence à ier, à circonscrire sa cavité viscérale, l'activité vitale grande pour qu'un moyen aussi imparfait d'absorpt suffisant; aussi voit-on apparaître presque immédia-, après le système nerveux, l'appareil de la circulation, ant en des vaisseaux artériels et veineux avec un central d'impulsion, un cœur. Cet appareil est d'abord , c'est-à-dire qu'il n'existe qu'une seule espèce d'armportant le sang loin du cœur et une seule espèce



— Coupe théorique indiquant la position des différentes parties contenues dans l'œuf après l'apparition des deux systèmes circulatoires.

enveloppes de l'œuf. — 3,4,5, vésicule allantoïde. — 6, 7, vaisseaux iens (ombilicaux). — 8, 9, 10, embryon (la partie céphalique est : n° 10). 2, 13, amnios. — 14, cavité de l'embryon contenant les viscères. — 15, vitellus sur lequel se répandent les vaisseaux omphalo-mésentériques.

ies l'y ramenant (fig. 36); mais plus tard, il s'en forme un (fig. 37), et l'on a alors deux systèmes : l'un qui se réur le jaune (15), c'est le premier système développé; formant à la surface du blanc, sous la membrane ière, un riche réseau (5). Les premiers de ces vaisseaux e *omphalo-mésentérique*) sont destinés à l'absorption des aux que le petit être introduit directement dans son sans digestion préalable. Cette particularité, qui peut surprendre au premier abord, se comprend cependant facilement et diffère peu en fait de ce qui a lieu chez l'adulte : chez celui-ci, les phénomènes digestifs ne servent finalement qu'à rendre absorbables les matières alimentaires. Or, dans l'œuf ces aliments ont déjà subi les modifications nécessaires, ils sont déjà solubles ou émulsionnés ; on peut dire qu'il y a là une nourriture toute digérée pour le petit, il n'a qu'à l'absorber. Quant au second système (*système allantoïdien*), il prend sans doute en partie les matériaux du blanc, avec lequel il est en rapport; mais, placé sous le revêtement extérieur poreux de l'œuf, en contact médiat avec l'air, il sert plus spécialement à la respiration en absorbant l'oxygène et rejetant l'acide carbonique. Le poussin est donc complétement formé, et le développement de ses organes lui permet dès lors, après l'absorption totale de sa provision alimentaire, d'aller chercher à l'extérieur les matériaux nécessaires à ses besoins.

En jetant un coup d'œil en arrière, vous remarquerez sans peine combien ces études nous éloignent des idées autrefois émises sur le développement, et l'on ne pourra peut-être se défendre d'un certain étonnement en présence de ces résultats si différents de ce qu'on avait préjugé. Cependant, si nous voulions simplement regarder d'un peu plus près des faits on peut dire journaliers, ces changements de forme devraient moins nous surprendre, car il y en a des exemples que l'observation la plus superficielle nous fait suivre, et qui ne nous échappent peut-être que parce qu'ils sont trop sous nos yeux.

Chez beaucoup d'animaux, en effet, ces métamorphoses, qui conduisent à l'état parfait, au lieu de se dérober à nos regards sous une coquille, ont lieu à l'extérieur, et peuvent dès lors être suivies avec grande facilité. Cela a surtout pour raison la constitution de l'œuf, qui ne contient pas une provision suffisante de nourriture; le petit animal est donc obligé de chercher à l'extérieur ses aliments. Dans un batracien bien connu de tout le monde, la Grenouille, nous trouvons un exemple remarquable de ce développement extérieur chez un être qui, à beaucoup d'égards, se rapproche des oiseaux, puisqu'il rentre avec eux dans le grand groupe des vertébrés. L'œuf est construit beaucoup plus simplement que chez la poule. Sous une enveloppe peu épaisse, élastique, représentant la coquille en tant qu'organe protecteur, se trouve une masse qu'on peut assimiler au jaune et à la cicatricule réunis. Après les premiers phénomènes du fractionnement, la formation du blastoderme et d'une tache germinative, celle-ci se creuse en bateau ; puis la paroi ventrale se rétrécit, se ferme absolument comme on l'a vu pour le poulet. Mais, à ce moment, la nourriture vitelline étant absorbée, l'éclosion a lieu d'une manière prématurée, comparativement à ce qui se passe chez l'oiseau, et le petit (fig. 38, 1, p. 364) sort avec une apparence tout à fait singulière, aussi éloignée de la forme définitive que le cylindre creux produit par la tache germinative du poulet diffère de l'être parfait : on comparerait avec plus de justesse ce petit animal (fig. 39, 2), appelé *têtard*, nageant librement, à un poisson qu'à une grenouille. Bientôt, sur les côtés de la queue (fig. 40, 3), apparaissent deux bourgeons qui s'allongent de plus en plus, se brisent en articulations, et finissent par constituer les pattes postérieures (fig. 41, 4); deux bourgeons analogues, situés un peu en arrière de la portion céphalique, donnent de même plus tard naissance aux membres antérieurs. En même temps, la tête s'aplatit; des panaches situés sur ses côtés, et qui servaient à

une respiration aquatique transitoire, disparaissent; en sorte qu'à ce moment l'animal (fig. 42, 5) présente la forme définitive de la grenouille, si ce n'est qu'il est pourvu d'un appendice caudal. Mais cet organe, ne participant pas à la croissance générale, diminue, s'atrophie et finit par disparaître.

Ceci peut prouver que, sans aller chercher, dans des observations aussi pénibles et aussi difficiles que celles du développement des oiseaux, le mode d'évolution d'un être, on peut trouver avec plus de facilité dans la nature des faits entièrement analogues; car il n'y a pas besoin d'insister, je sur les ressemblances frappantes que vous avez pu reconnaître dans ces deux exemples, au premier abord si étrangers l'un à l'autre.

Tout le monde connaît encore les singuliers changements de forme auxquels sont soumis la plupart des insectes, en particulier les papillons, que je cite de préférence, parce que

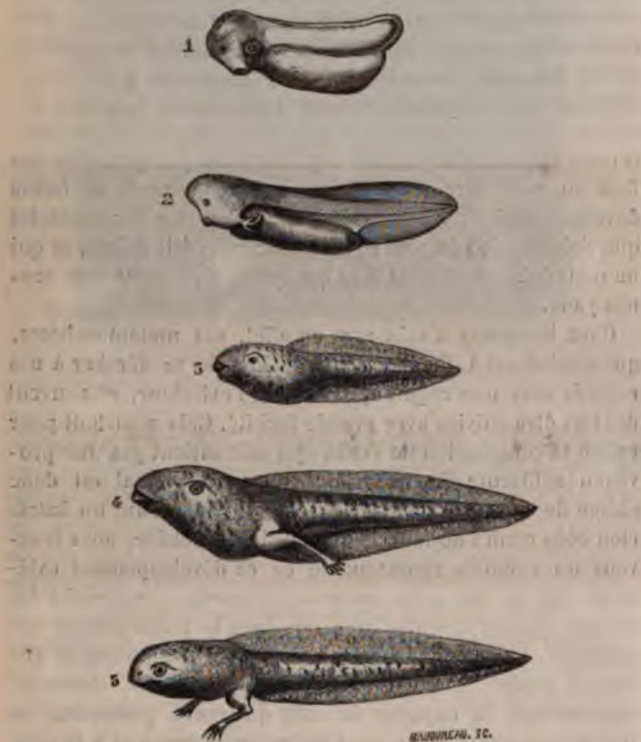


Fig. 38, 39, 40, 41, 42. — Développement du têtard de la grenouille. Les figures 1 et 2 sont grossies, les figures 3, 4, 5, de grandeur naturelle.

l'opposition entre les différents états est des plus frappantes, et qu'il serait impossible de s'imaginer, si l'on n'en était à chaque instant témoin, que ces lourdes et souvent repoussantes chenilles doivent plus tard se métamorphoser en ces gracieux et brillants lépidoptères. Entre ce changement de larve ou chenille, puis de chrysalide, et enfin d'insecte parfait, il semble qu'il y ait un abîme; cependant rien n'est plus facile à vérifier que ces transformations, et chacun a pu les suivre en particulier dans ce précieux animal, un des rares insectes que l'homme ait su soumettre à la domesticité, le Ver à soie, dont un de nos maîtres, M. Blanchard, exposait il y a quelques années, dans cette enceinte même, la merveilleuse industrie (1). Ici, si je pouvais entrer dans tous les détails du développement, j'aurais à vous montrer des différences importantes d'avec ce que nous avons observé chez le poulet

(1) Voyez notre tome II, p. 275, 25 mars 1865.

et la grenouille, chez les vertébrés en un mot, pour c
concerne les premiers phénomènes se passant à l'inté
de l'œuf; mais je ne crois pas devoir entrer dans cette é
qui s'écarte du point de vue spécial sur lequel je crois
d'attirer votre attention, à savoir, la loi générale des méta
phoses. Devenu libre, le petit être sorti de l'œuf a déjà r
la forme qu'il doit conserver pendant tout son état de l
il n'a plus qu'à croître, et les seuls phénomènes qu'il
sente sont des changements de peau et souvent des diff
ces de coloration. Mais, lorsqu'il a atteint tout son dével
ment, une révolution remarquable s'opère : il semble qu
un retour en arrière, il reprenne un état analogue à cel
l'œuf, comme immobilité, et surtout nutrition aux d
de matériaux accumulés dans ce but spécial; l'envel



Fig. 43 et 44. — Larves du Crabe enragé (*Cancer mænas*).
1, larve au sortir de l'œuf (figure empruntée au mémoire de M. Spence Ba
2, larve après sa première mue : *Zoe* (auct.) (figure inédite de M. Gerbe).

cutanée se durcit pour fournir un abri protecteur, et c'e
que se forme le papillon.

Ici les métamorphoses sont d'autant plus faciles à re
naître, qu'il y a des stades nettement tranchés; mais beau
d'autres articulés nous présentent des faits analogues,
qu'on n'y rencontre pas cette période de repos, cet état si
lier de chrysalide. Les récentes découvertes de M. Thom
développées par M. Bate et aussi par un de nos plus ha
observateurs, M. Gerbe, ont fait voir que chez quelques
tacés marins, chez la Langouste, chez certains Crabes, on
vait trouver des mutations de forme aussi extraordinaires.
le Crabe enragé (*Cancer mænas*) (fig. 48, p. 366), si commu
nos côtes et qu'on y voit habituellement sur les marché
différentes formes successivement prises par l'animal so
bizarres, qu'il faut, je dirais presque leur réalité, pour n
les regarder comme fantastiques. Au sortir de l'œuf, le
nage dans l'eau de mer, et son corps (fig. 43, 1) se con

partie antérieure globuleuse portant, appliqué contre
, un œil bien reconnaissable, et munie de pattes infé-
ment; en arrière, il se prolonge en une queue grêle
lée. Un peu plus tard (fig. 44, 2), après un changement
au, il présente une tout autre apparence : son front
mé d'une longue corne et un appendice analogue orne
rtie dorsale; le reste du corps n'a pas subi de modi-
n bien notable. Avec les progrès du développement,
intes frontale et dorsale diminuent (fig. 45, 1), surtout
onde, qui finit par disparaître complétement (fig. 46, 2).
t état, le petit commence déjà à rappeler assez bien
ne définitive : la pointe antérieure représente la pointe
le, qui persiste chez l'adulte; les yeux commencent à
igler à leur base, c'est le rudiment du pédoncule qui
s supporter plus tard; que la queue se recourbe davan-



Fig. 45 et 46. — Larves du Crabe enragé (*Cancer mænas*).
e après sa troisième ou quatrième mue. — 2, larve après plusieurs nou-
es : *Megalope* (auct.) (figures empruntées au mémoire de M. Spence Bate).

ienne s'appliquer sous l'abdomen, et nous aurons un
l revenu à la forme du crabe qui lui a donné naissance
, p. 366). Toutefois les changements, il faut l'avouer,
nsidérables, et l'on ne s'étonnera pas que les natura-
ui, les premiers, ont observé quelques-uns de ces états
n suivre la filiation, aient regardé ces êtres comme
d'animaux distincts : on avait fait, des premières larves
tes dorsale et frontale, le genre *Zoe*, et du dernier état
e *Megalope*. Cette confusion était inévitable, et beau-
le ces animaux aquatiques, dont l'observation est si
e, sont sans doute dans le même cas; bien des êtres
ous regardons encore aujourd'hui comme constituant
d'espèces ne sont que des états transitoires devant
re à d'autres formes.

ependant ces métamorphoses dont je viens de vous
quelques exemples ne sont pas le dernier mot de la
; elle nous offre encore des faits plus inattendus, que
mplication semblait en quelque sorte devoir à jamais
r à notre esprit. Ici non-seulement l'animal subit des
ments de forme considérables, mais encore il se mul-
certaines périodes de son état qu'on peut appeler
embryonnaire, en sorte qu'un œuf donne naissance, non pas à un seul, mais à une multitude d'individus.

Toutes les personnes qui ont eu l'occasion d'aller sur les bords de la mer ont vu des êtres dont la forme et la nature n'ont pu manquer de les frapper. A l'état de vie et nageant, ils ne manquent pas d'une certaine élégance. Ils sont formés (fig. 49, *k*, *l*, p. 367) d'une partie convexe en forme d'ombrelle ou de dôme, du centre et du pourtour de laquelle descendent des appendices frangés; c'est par les contractions du disque que ces animaux progressent dans le liquide. On les désigne sous le nom général de Méduses. Échoués, leurs différentes parties, formées d'un tissu peu consistant, s'affaissent les unes sur les autres, et l'on ne distingue plus qu'une masse informe gélatineuse. Il a depuis longtemps été établi que ces animaux produisent dans certaines saisons des œufs; mais leur développement était inconnu, et c'est seulement en 1829 que les observations de M. Sars, vérifiées et étendues depuis par bon nombre de savants, parmi lesquels je citerai Dujardin et M. van Beneden, ont révélé les faits inattendus qui l'accompagnent. De cet œuf sort un être d'une forme très-simple :



Fig. 47. — Développement des méduses (*Cyanea capillata*).
a, embryon cilié. — *b*, *c*, *d*, *e*, formation du scyphistome. — *f*, *g*, *h*, formation du strobile.

c'est un petit corps sphérique (fig. 47, *a*) ou légèrement allongé, tout couvert de cils dont les mouvements continuels le font progresser dans le liquide. Il paraît d'ailleurs complétement homogène et contractile dans toutes ses parties. Bientôt, lorsqu'il trouve un point convenable, il se fixe sur quelque corps sous-marin (*b*); il perd sa mobilité, prend la forme d'un cône tronqué (*c*) adhérent par la troncature et dont la base libre se creuse en coupe, tandis que le bord se garnit de prolongements mobiles (*d*, *e*), servant à cet être à sentir et retenir sa proie : c'est ce qu'on appelle un *scyphistome*. Puis ce corps s'allonge, s'étrangle de distance en distance (*f*), et ces constrictions s'accusant de plus en plus, il se trouve partagé en une série de disques placés les uns sur les autres, ou plutôt, comme ces disques ne restent pas plans, mais se courbent, on pourrait comparer cet ensemble, avec plus de justesse, à une série d'écuelles empilées et réunies sur un axe central : dans cet état, l'animal porte le nom de *strobile*. Les bords de chacune de ces écuelles présentent un peu plus tard des dentelures (*g*, *h*) qui s'allongent en filaments plus ou moins longs; puis l'écuelle supérieure se sépare : son pédicule venant à disparaître, ou, si l'on veut, la constriction se continuant jusqu'à

section complète, elle se retourne alors (fig. 49, *i*), c'est-à-dire qu'on a une ombrelle ou un dôme, du pourtour duquel pendent des filaments : en un mot, une petite Méduse, reproduisant enfin la forme de l'être qui lui a donné naissance. Mais



Fig. 48. — Crabe enragé (*Cancer mænas*) adulte.

le phénomène qui vient de se passer pour la première écuelle a lieu pour la seconde, puis pour la troisième, la quatrième, et ainsi de suite jusqu'à la dernière ; en sorte qu'il y a production d'autant de méduses, toutes provenant cependant d'un seul petit. Vous comprenez comment il était permis de dire

que d'un seul œuf allait sortir une multitude d'individu petites méduses s'accroissent, donnent naissance à de d'où sortent des petits, reproduisant chacun plusieur duses en se scindant ; de manière qu'il y a alternativemen

duction d'œufs donnant chacun naissance à un petit em et production de méduses dérivant de cet embryon pa sion. Cette particularité a fait désigner cette reprod sous le nom de *reproduction alternante*, et la connaissa ces phénomènes peut, à bon droit, être citée parmi le

opérant sur la quantité de la dissolution adhérente à un fil de platine qui enlève 0,05. On peut reconnaître la présence de $\frac{1}{125000}$ de grain de chlorure de cæsium dans l'eau. La présence de la potasse dans la dissolution rend l'expérience bien moins nette. Dans l'urine, on ne peut reconnaître que $\frac{1}{62500}$ de grain.

1° On fait prendre à un cochon d'Inde trois grains de chlorure de cæsium ; puis, au bout de vingt heures, une dose égale. Vingt heures après, on le tue. Les cendres de l'urine indiquent des traces de cæsium ; même en examinant à la fois les deux cristallins, on ne peut y découvrir de cæsium, non plus que dans les humeurs de l'œil. Une petite partie des cendres des reins et du foie ne donne pas de cæsium, mais les extraits aqueux concentrés en indiquent quelques traces. Nous n'en trouvons ni dans le sang ni dans la bile.

2° On administre à un cochon d'Inde deux doses de six grains de chlorure de cæsium chacune, à dix-neuf heures d'intervalle, puis on le tue vingt-quatre heures après la seconde dose. Pas de cæsium dans les cristallins, les nerfs, l'humeur aqueuse, le sang et la bile. L'urine, les reins et le foie donnent des traces de cæsium après incinération et dissolution dans l'eau.

3° Dix grains de chlorure de cæsium sont administrés à un cochon d'Inde; vingt heures plus tard, nouvelle dose égale. L'animal est tué vingt-sept heures après la seconde dose : faibles traces de cæsium dans l'extrait concentré des cendres des cristallins ; même résultat pour l'humeur aqueuse ; traces marquées de cæsium dans l'extrait concentré des cendres des deux grands nerfs cruraux.

VITESSE AVEC LAQUELLE LE SULFATE DE THALLIUM PASSE DANS LES TISSUS.

1° Un grain de sulfate de thallium est administré à un lapin. Deux heures après, l'urine de l'animal donne distinctement la réaction du thallium.

2° On donne à un autre lapin trois grains de sulfate de thallium, puis on le tue au bout de vingt et une heures et demie. L'animal n'avait eu aucune nourriture depuis l'absorption du thallium ; mais on trouve son estomac entièrement rempli d'aliments secs. Les reins, le foie, la rate, simplement touchés avec un fil métallique porté au rouge, indiquent clairement la présence du thallium lorsque ce fil est mis dans la flamme. La même expérience faite sur le sang, un des cristallins et un cartilage, donne un résultat négatif. Cependant l'extrait aqueux du sang coagulé et celui du cristallin indiquent la présence du métal. Le cartilage se trouvait en trop faible quantité pour permettre la même épreuve.

3° Trois grains de sulfate de thallium sont administrés à un autre lapin, qu'on tue six heures et demie après : traces distinctes de thallium dans l'extrait aqueux du cristallin.

4° Deux doses de sulfate de thallium, de deux grains chacune, sont administrées à un cochon d'Inde, à vingt heures d'intervalle ; l'animal est tué vingt-deux heures après la seconde dose. L'urine n'indique la présence du thallium qu'après concentration. De petites portions du foie, des reins, du cartilage des fausses côtes et du grand nerf crural donnent distinctement la réaction normale. Même résultat pour les humeurs aqueuses de l'œil et l'extrait aqueux des deux cristallins. Le sang pris directement ne donne pas de thallium ; mais l'extrait aqueux d'une petite quantité de sang coagulé en révèle de faibles traces. Même résultat pour le cerveau. Les ongles révèlent distinctement la présence du métal, ainsi que le poil du ventre.

5° Un autre cochon d'Inde est tué six heures après avoir pris deux grains de sulfate de thallium. L'extrait aqueux du cristallin donne de faibles traces de thallium ; l'urine, des traces bien caractérisées. Résultat négatif avec l'extrait aqueux des deux grands nerfs.

VITESSE AVEC LAQUELLE LE SULFATE D'ARGENT PASSE DANS LES TISSUS.

Un huitième de grain de sulfate d'argent est administré à un cochon d'Inde ; même dose encore après vingt-trois heures, puis vingt-sept heures ; puis le troisième, le quatrième, le cinquième, le sixième, le septième, le neuvième et le dixième jour. L'animal meurt le onzième jour ; il avait absorbé un grain et quart de sulfate d'argent en douze jours. Les cendres du foie, des reins et de l'estomac donnent un précipité d'argent par l'électricité. La présence du métal dans les cendres de la bile est un peu moins bien indiquée. Les cendres de l'urine ne donnent que de très-légères traces d'argent, ainsi que celles des cristallins. Résultat nul avec les cendres du cerveau.

VITESSE AVEC LAQUELLE LE CHLORURE DE STRONTIUM PASSE DANS LES TISSUS.

1° Les reins, le foie et les cristallins de deux cochons d'Inde qui n'ont pas absorbé de strontium sont examinés avec soin et donnent peu de trace de métal.

2° Une dose de quatre grains de chlorure de strontium est donnée à un cochon d'Inde qu'on tue au bout de sept heures. Une seule goutte d'urine suffit pour indiquer la présence du strontium. Ni les reins, ni le foie, ni le cristallin, ne donnent de traces du métal à l'analyse spectrale.

3° Dose de dix grains de chlorure de strontium administrée à un second cochon d'Inde ; on le tue au bout de quatorze heures et demie. Résultat nul, en opérant sur une petite quantité d'urine, et aussi sur les cendres des reins et du foie.

4° Dose d'un demi-grain de chlorure de strontium administrée à un autre cochon d'Inde : dix-neuf heures après, traces de strontium dans l'urine. On fait alors prendre à l'animal une nouvelle dose d'un demi grain ; vingt-quatre heures et demie après, on donne un autre grain ; vingt-quatre heures après, un demi-grain ; vingt-sept heures après, encore un demi-grain. L'urine indique distinctement la présence du strontium. Le sixième jour, un autre demi-grain, et répétition de la dose pendant cinq jours consécutifs, jusqu'à concurrence de cinq grains et demi. Le douzième jour, on tue l'animal. L'urine indique clairement la présence du strontium ; le cristallin, les humeurs, le sang, paraissent n'en pas contenir ; les cendres des reins et du foie ne donnent que des traces presque imperceptibles.

H. BENCE JONES.

Enseignement libre de la Sorbonne

Salles de la rue Gerson

ASTRONOMIE (les jeudis, à deux heures et demie). — M. *Charles Emmanuel* continuera l'étude comparative de la théorie de Képler et de la théorie de Newton.

MÉTÉOROLOGIE (les mercredis soir, à huit heures). — M. *Marié-Davy*, astronome à l'observatoire impérial, traite des climats et spécialement de celui de la France au point de vue agricole.

CHIMIE APPLIQUÉE A LA PHYSIOLOGIE ET A LA PATHOLOGIE ANIMALES (les jeudis, à quatre heures). — M. *Schützenberger* exposera les méthodes d'analyse chimique appliquables à l'examen des liquides et des tissus de l'organisme animal.

ANATOMIE COMPARÉE (les lundis et vendredis, à trois heures). — M. *Alix* exposera, au point de vue de l'anatomie comparée, l'organisation du règne animal considéré dans son ensemble.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE (les mardis, à une heure). — M. *Armand Moreau* expose les théories physiologiques. Il fait les expériences qui se rattachent à ces théories le jeudi, à une heure, dans le laboratoire de M. Claude Bernard, au Muséum.

ANTHROPOLOGIE (les mardis et vendredis, à quatre heures). — M. *Hamy* expose les principes de l'anatomie comparée des races humaines, et les applique à l'étude de l'ostéologie.

MÉCANIQUE PHYSIQUE (les mercredis et samedis, à neuf heures). — M. *Reech*, directeur de l'Ecole impériale d'application du génie maritime, traitera des machines motrices et des effets mécaniques de la chaleur. Ce cours commencera le mardi 7 juin.

CHEMINS DE FER (les samedis, à huit heures du soir). — M. *Ch. [illegible]schler*, ingénieur, traite de la construction de la voie et de l'établissement des stations.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

XIÈME ANNÉE NUMÉRO 24 15 MAI 1869

Paris, 14 mai 1869.

Claude Bernard vient d'être nommé sénateur par un inséré au *Journal officiel* de samedi dernier. La nomi- d'un homme de science au Sénat n'est pas un acte po- ; c'est, avant tout, le couronnement d'une grande ice scientifique par une distinction exceptionnelle de le plus élevé. M. Claude Bernard est jusqu'ici le seul appelé au Sénat depuis la constitution de ce corps, où ent dès le principe MM. Élie de Beaumont, Le Ver- umas et Ch. Dupin. Il était impossible de faire un choix ympathique au monde savant et mieux justifié par tance des travaux et la renommée de celui qui en est ce choix présente, dans les circonstances actuelles, portunité particulière, et il a donné une nouvelle con- e à un bruit qui s'était répandu déjà, il y a cinq mois, transfert de la chaire de physiologie générale au Mu- d'histoire naturelle : il s'agirait d'offrir à M. Claude rd la direction effective du Muséum.

Revue des cours scientifiques a le droit de se réjouir dou- t de la nomination de M. Claude Bernard, car son en- nent est le seul qu'elle ait toujours reproduit en en-

ception de M. Claude Bernard à l'Académie française, ait avoir lieu le 20 mai, est reportée au 27 mai.

a Faculté de médecine de Paris est en ce moment le de troubles provoqués par le troisième examen de at, et qui inspirent à M. Dechambre, rédacteur en chef *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, les ré- s suivantes :

tumulte a eu pour origine des actes de sévérité, et, d-on, des vivacités de parole de la part du professeur rmacologie et de matière médicale, au troisième exa- Une série de trois élèves a été refusée : deux ont été ée à six mois et un à trois mois. A partir de ce jour, le de M. Regnauld a été le théâtre de désordres tels que, fois, le professeur interrompu, conspué, injurié, a été de quitter la salle. Mardi dernier, le cours devait avoir ns le petit amphithéâtre, où l'on ne pouvait pénétrer uni de cartes. Un très-petit nombre d'élèves (cinq ou t-être) sont entrés ; une masse d'autres, restés dans la se sont mis à crier, à chanter, — même à casser les avec des sous, faute de pierres. Entre le doyen, accouru lieux avec quelques garçons de salle ou appariteurs, étudiants, il s'est établi presque une lutte violente : et vec grand'peine que la cour a pu être évacuée.

fond de tout cela, c'est que les élèves voudraient l'abo- lition du troisième examen. Cet examen, qui porte sur la physique, la chimie et l'histoire naturelle, était le premier avant l'institution des examens de fin d'année ; on le passait généralement après la première année d'étude, et, comme il suivait de près celui du baccalauréat es sciences, c'était un des moins redoutés. Aujourd'hui que les épreuves probatoires ont été reléguées après les quatre examens de fin d'année, et que, dans la série de ces épreuves probatoires, celle qui porte sur les sciences accessoires se trouve être la troisième et non plus la première, les élèves y arrivent généralement mal préparés, absorbés qu'ils sont par l'anatomie, la physiologie et la pathologie. Comme ils ont déjà satisfait, sur les mêmes matières, à l'examen du baccalauréat es sciences et au premier examen de fin d'année, ils s'irritent d'avoir à y revenir une troisième fois.

» Pour se faire sur ce point une opinion équitable, il ne faut pas oublier que la disposition dont on se plaint a été établie précisément pour relier plus fortement dans l'esprit des élèves le faisceau des diverses branches de la science, et assurer par là la force et la solidité des études médicales. Si l'on fait abstraction de l'examen du baccalauréat es sciences *restreint*, qui n'est pas, tant s'en faut, identique avec la troisième épreuve probatoire, celle-ci n'est la répétition d'un examen de fin d'année qu'au même titre que la première, ou la seconde ou la quatrième épreuve.

» . . . . . Aussi demanderions-nous que le troisième examen probatoire, réduit aux applications pratiques des sciences physiques à la médecine, fût fondu avec le quatrième, qui porte sur la matière médicale et la thérapeutique ; ou, si l'on jugeait à propos de le maintenir, qu'il fût du moins réglé par un programme spécial, comprenant seulement les notions indispensables à l'intelligence de la science médicale et à l'exercice de la pratique. »

Les troubles ont continué hier jeudi et sont même devenus plus graves ; la police est intervenue et des luttes violentes, suivies d'arrestations, se sont produites sur la voie publique.

On prétend que le doyen, M. Wurtz, va proposer la suppression du troisième examen. Cette mesure semble bien radicale. En intervertissant l'ordre des examens de doctorat de manière à placer le premier le troisième examen actuel, qui porte sur les sciences accessoires, on diminuerait un peu le désagrément que cause aux élèves la nécessité de revenir, à la fin de leur carrière scolaire, sur des études qui en ont été le début.

Quant à l'examen lui-même, il suffirait de restreindre les exigences de son programme. Il est certain que la chimie, la physique et surtout l'histoire naturelle sont véritablement des sciences accessoires pour les médecins. Ce qu'il

faut surtout développer parmi eux c'est l'étude, encore beaucoup trop restreinte, de la physiologie et des connaissances qu'elle emprunte pour son usage spécial aux sciences physico-chimiques. On a déjà commencé à le faire depuis trois ans par la création de cours de physique et de chimie biologiques. Il faut persévérer dans cette voie. C'est là qu'est la véritable base de la médecine, et il y aurait tout avantage à restreindre, au profit de la physiologie, la part faite aujourd'hui au programme du troisième examen.

LE RÉSEAU PENTAGONAL (1)

La *stratigraphie* est la partie de la géologie qui s'occupe de la description géométrique et du figuré graphique des masses minérales. Ces masses ont très-souvent la forme de couches, en latin *strata*, mot dont on a généralisé le sens dans le mot *stratigraphie*.

La *stratigraphie* comprend tout ce qui est susceptible d'une définition rigoureuse dans les formes et dans l'ajustage des masses minérales dont se compose l'écorce terrestre. Elle est sœur de la géographie, et elle contient la quintessence de la topographie. Elle part des grands traits orographiques de la surface du globe, dont la détermination a illustré les plus célèbres voyageurs, et elle descend aux dernières ramifications des gîtes métallifères observables dans les mines à l'aide d'une lampe et d'une boussole.

Les grands traits orographiques de l'écorce terrestre sont des chaînes de montagnes qui forment différents *systèmes* dont chacun a une direction propre représentée par un *grand cercle de comparaison* qu'on détermine d'abord d'une manière *provisoire*.

La première partie du rapport est consacrée aux nouveaux *systèmes de montagnes*, c'est-à-dire à ceux qui ont été découverts ou mieux formulés dans les dernières années.

La seconde partie a pour objet la *corrélation des directions des différents systèmes de montagnes*. On y trouve la définition du *réseau pentagonal*, figure qui représente la loi géométrique suivant laquelle les positions des divers *systèmes de montagnes* sont liées les unes aux autres.

RÉSEAU PENTAGONAL.

De l'étude attentive des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes de l'Europe s'est dégagé peu à peu un *principe de régularité* qui, du moment qu'il existe, ne peut manquer de dominer complétement la matière ; et la recherche des lois qui président à leur coordination a été depuis quinze ans l'objet d'une série de travaux dont le présent Rapport doit donner une idée.

La découverte du principe dont il s'agit a consisté à mettre en évidence, par de simples rapprochements numériques, les bases d'un dessin régulier qui existe sur la surface du globe, mais qui ne pouvait être aperçu à cause de la grandeur des traits qui le composent et du défaut de précision des représentations du globe terrestre. Ce principe a pris la forme d'une sorte de *lemme géométrique* qui s'est formulé par l'étude des positions respectives des *grands cercles de compar*
provisoires des différents systèmes de montagnes, et qui p
appelé à donner plus de précision et de solidité à leur é

La constatation d'une loi de coordination parmi les gr
cercles que l'auteur avait adoptés provisoirement, pou
présenter les vingt et un systèmes de montagnes qu'il ad
tait alors dans l'Europe occidentale, leur donnait une so
consécration qui s'étendait aux systèmes de montagnes
mêmes et aux considérations fondamentales qui avaient
dans leur étude ; car il est évident qu'aucune corrél
n'aurait pu exister entre des cercles choisis au hasard, d'
des considérations imaginaires, et qui n'auraient pas été l
présentation de phénomènes réels. L'auteur n'avait ja
songé à soumettre les cercles qu'il déterminait à une pa
coordination ; la nature seule pouvait l'avoir produite, e
exprimait une des conditions de son action.

La loi de cette coordination est très-simple dans son es
quoique, dans son développement, elle conduise à une
plexité assez grande pour s'harmoniser avec la complic
extrême en apparence, des formes orographiques et stra
phiques. Elle a pour base la division de la surface de la s
en vingt triangles équilatéraux dont les angles sont de
les côtés de 63° 26′ 5″,84. Ces vingt triangles équilat
embrassent la surface entière de la sphère. Ils y sont di
avec un genre de symétrie tout particulier, auquel s'asso
d'une manière plus ou moins absolue, un grand no
d'autres cercles liés aux grands cercles primitifs don
partie les côtés des triangles, par des conditions particul
susceptibles d'être élargies et généralisées, de manière
duire un réseau aussi serré que les questions à ré
puissent l'exiger.

CONSTITUTION DE RÉSEAU PENTAGONAL.

La constitution de ce réseau, dont le nom sera justifi
loin, se rattache à des considérations fort analogues à
dont s'occupe la cristallographie. Elles en ont la ri
mais aussi l'aridité. Les pages suivantes, qui sont néces
pour l'enchaînement et l'ordre logique des idées, d
malheureusement s'en ressentir. Les personnes qui les
raient éprouveraient l'inconvénient d'avoir laissé de
elles un nuage qui obscurcirait, pour elles, la sui
Rapport, sans la leur rendre cependant complétement
telligible.

La division en triangles de la surface de la sphère à laq
on est le plus accoutumé n'est pas la division en vingt
gles équilatéraux, mais la division en huit triangles
ment, équilatéraux eux-mêmes et trirectangles, produi
trois plans rectangulaires qui se croisent au centre. Il y a
un mode de division en quatre grands triangles à a
de 120° ; mais celui-ci n'est qu'une dérivation du préc
et il n'y a pas à s'en occuper ici spécialement.

Des cercles, dont les positions se déduisent de celle
trois grands cercles primitifs qui forment le système des
triangles trirectangles, constituent aussi un réseau emp
dans toutes ses parties du genre de symétrie qui lui est p
et aussi serré qu'on le désire. Cela fait deux réseaux emp
de deux genres de symétrie différents et même incompa
entre eux, et il n'y en a pas d'autre que ces deux-là.

En effet, les huit triangles trirectangles du second
de division s'assemblent quatre à quatre autour de six p

(1) Cet article est extrait du rapport de M. Élie de Beaumont au ministère de l'instruction publique sur les progrès de la stratigraphie en France, rapport qui paraît en ce moment même.

nts, par leurs angles de 90°, qui donnent les 360° néces-
pour occuper tout l'espace angulaire autour du point
nion.
ingt triangles équilatéraux du premier mode de di-
'assemblent cinq à cinq autour de douze points dif-
, par leurs angles de 72°, et, comme 5 fois 72 font 360,
plissent aussi tout l'espace angulaire autour du point
nion.
on ne peut aller plus loin ; on ne peut assembler
d'un point six triangles sphériques équilatéraux, parce
triangle sphérique équilatéral ayant toujours un excès
ue, son angle est nécessairement supérieur à 60°, ce
qu'*on n'en peut jamais faire tenir six autour d'un*
es choses se passent autrement sur un plan, où l'angle
ngle équilatéral est exactement de 60°, ce qui permet
ces angles de s'assembler autour d'un point. On ne
ne sur la sphère assembler autour d'un point plus de
angles équilatéraux : il s'ensuit que le triangle équi-
à angles de 72° est le plus petit de ceux dont la réu-
ut embrasser la sphère, et il en résulte qu'au point
le la *mécanique terrestre*, il jouit de certaines propriétés
s doute ont joué un rôle important dans l'histoire de
.

ce ne sont pas ces propriétés qui ont attiré sur la di-
e la sphère en vingt triangles équilatéraux l'attention
eur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* ; il a été
à s'en occuper par une voie beaucoup plus directe,
alyse pure et simple des résultats de l'observation.
rage expose en détail comment M. Élie de Beaumont,
oir calculé, pour en composer un tableau, les deux
angles que formaient entre eux les grands cercles
paraison provisoires des vingt et un systèmes de mon-
de l'Europe occidentale, trouva que ces angles étaient
se répartir uniformément dans les 90° du quart de la
rence. Par une sorte de *caprice apparent*, ils se
ent autour de certains points du quadrant, laissant
vides les espaces intermédiaires. En voyant ce grou-
que le hasard seul ne pouvait expliquer, l'auteur
immédiatement qu'il avait sous les yeux l'indice d'une
rrélation entre les positions des grands cercles de
ison des différents systèmes de montagnes, et il s'oc-
moyens de déduire cette loi des chiffres donnés par
des observations.
a que, si les grands cercles de comparaison des diffé-
tèmes de montagnes n'étaient pas placés au hasard
rface de la sphère, cela devait tenir à ce qu'ils fai-
rtie d'un réseau assujetti à un certain principe de
.
d'abord que ce principe de symétrie pourrait n'être
ose que celui qui existe dans le réseau ayant pour
t triangles trirectangles, et composé de trois grands
erpendiculaires entre eux et d'une série d'autres
ercles coordonnés aux premiers. Mais, ayant calculé
l nombre d'angles du réseau ainsi formé, il remarqua
oints du quadrant dont ils se rapprochaient de pré-
n'avaient pas de rapport avec ceux qui semblaient
s angles déduits de l'observation. Il dut en consé-
enoncer à cette première tentative.
alors qu'il se demanda s'il n'existerait pas sur la
n autre réseau régulier, et si des triangles équilaté-
s'assembleraient, non plus quatre à quatre, mais cinq à cinq autour d'un point, ne pourraient pas en fournir la base. Il fut ainsi conduit à s'occuper des vingt triangles équilatéraux qui embrassent la sphère et du réseau auquel ils servent de base.

Avec les *grands cercles primitifs* dont font partie les côtés des vingt triangles équilatéraux, il en considéra un certain nombre d'autres liés aux premiers par les relations les plus simples, et il calcula les angles que tous ces grands cercles forment entre eux dans leurs intersections mutuelles. Il ne tarda pas à reconnaître que ces angles ne sont pas distribués indifféremment dans tous les points du quadrant, mais qu'ils ont une propension marquée à se grouper autour de certains points, et que ces points coïncident à peu près avec ceux dont tendent à se rapprocher les deux cent dix angles déduits des observations. Les différences pouvaient être attribuées aux petites erreurs inévitables dans la détermination des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes, et au choix incomplet des cercles adaptés aux *grands cercles primitifs* dont les côtés des vingt triangles équilatéraux font partie.

Dès lors le secret du caprice apparent qui rapprochait de certains points du quadrant les angles formés par les *grands cercles de comparaison provisoires* pouvait être considéré comme dévoilé et comme n'étant autre chose que l'existence, dans l'agencement réciproque de ces grands cercles, de la loi de symétrie qui existe dans l'ordonnance des vingt triangles équilatéraux. L'auteur fut ainsi conduit à penser que cette loi de symétrie méritait d'être étudiée et analysée en vue de l'application qu'on pourrait probablement en faire à la stratigraphie, et que le temps qu'il pourrait y consacrer ne serait pas perdu pour la science.

Mais le système des vingt triangles équilatéraux qui embrassent la sphère n'était pas généralement connu. Peut-être n'en avait-on jamais fait aucune application. Il se trouvait dans des conditions bien différentes du système des huit triangles trirectangles qui embrassent aussi la sphère entière : ce dernier sert de base au système cristallin régulier, et même, avec de certaines modifications, à la cristallographie tout entière ; les cristallographes en ont fait une étude aussi détaillée qu'approfondie ; il s'agissait d'étudier sur un plan analogue le système des vingt triangles équilatéraux.

L'auteur a consigné cette étude dans sa *Notice sur les systèmes de montagnes*, et dans quelques autres écrits qui seront mentionnés ultérieurement. Le présent Rapport ne comporte naturellement qu'une analyse générale et sommaire de ces travaux, faite en vue de leurs résultats.

Les *grands cercles primitifs* auxquels appartiennent les côtés des vingt triangles équilatéraux sont au nombre de quinze. Chacun d'eux fournit deux côtés de triangles placés en opposition l'un par rapport à l'autre ; et, comme chaque côté appartient à deux triangles contigus et doit être compté deux fois, cela donne les soixante côtés des vingt triangles. Les soixante angles de ces mêmes triangles se réunissent cinq à cinq en douze points, dont chacun est l'antipode d'un point semblable.

En chacun de ces points de réunion d'un nombre impair d'angles égaux, chaque côté se trouve opposé à un angle que sa prolongation divise en deux parties égales, en formant l'apothème du triangle auquel cet angle appartient, et ensuite l'apothème d'un autre triangle contigu au premier ; chacun des quinze cercles primitifs qui contient deux côtés de trian-

gle contient aussi quatre apothèmes, ce qui donne les soixante apothèmes des vingt triangles équilatéraux. Les trois apothèmes de chacun des vingt triangles se croisent à son centre sous des angles de 60 degrés, et le divisent en six triangles rectangles scalènes égaux et symétriques deux à deux, dont les angles sont de 90, de 60 et de 36 degrés. La sphère entière est partagée en cent vingt de ces triangles rectangles scalènes.

Chacun des huit triangles trirectangles qui embrassent aussi la sphère entière peut également être partagé en six triangles rectangles scalènes égaux, et symétriques deux à deux. Chacun de ces triangles a des angles de 90, de 60 et de 45 degrés, et leur nombre total est de quarante-huit au lieu de cent vingt. Ils sont deux fois et demie moins nombreux et deux fois et demie plus grands que dans le système des vingt triangles équilatéraux.

Ces quarante-huit triangles peuvent, sans changer de place, être groupés par la pensée en huit triangles équilatéraux, qui sont trirectangles, en six quadrilatères à angles de 120 degrés et en douze losanges.

Les cent vingt triangles scalènes du système des vingt triangles équilatéraux peuvent de même, sans déplacement, être groupés en vingt triangles équilatéraux, en douze pentagones sphériques réguliers à angles de 120 degrés, et en trente losanges.

On voit que les deux systèmes se ressemblent en beaucoup de points ; mais ils présentent cette différence essentielle et caractéristique, que le quadrilatère de l'un est remplacé par le pentagone de l'autre ; cette circonstance a donné à l'auteur l'idée de désigner l'un par le nom de ***réseau quadrilatéral*** et l'autre par celui de ***réseau pentagonal***.

Le réseau pentagonal, composé en principe de vingt triangles équilatéraux et de cent vingt triangles rectangles scalènes, est une figure assez complexe pour qu'il soit peut-être difficile au premier abord de se la représenter sans figure. Mais une figure en perspective tracée sur le papier serait un auxiliaire fort imparfait. Le lecteur ferait bien de tracer le réseau pentagonal sur un corps sphérique, ne fût-ce qu'une bille de billard, ou même une orange, ou mieux encore d'avoir sous les yeux le globe terrestre, sur lequel M. Laugel a tracé, comme on le dira plus loin, le *réseau pentagonal*.

Il est aisé de voir, même sur une figure imparfaite, que les cent vingt triangles rectangles scalènes du réseau pentagonal peuvent, sans aucun déplacement, être groupés par la pensée de manière à donner un système trirectangulaire. Ce groupement peut s'effectuer de cinq manières différentes, et l'on obtient ainsi cinq systèmes trirectangulaires indépendants les uns des autres et assemblés suivant les lois de la symétrie pentagonale.

Cette propriété remarquable du réseau pentagonal peut aussi se déduire des énoncés donnés ci-dessus. Chacun des trente arcs qui forment les côtés des vingt triangles équilatéraux est coupé perpendiculairement dans son milieu par un autre grand cercle primitif, qui y passe sous la forme de deux apothèmes réunis par leurs pieds. Le nombre de ces intersections rectangulaires est de trente, mais, comme chacune d'elles se trouve sur deux grands cercles primitifs, on en trouvera soixante, si l'on suit les grands cercles primitifs l'un après l'autre en comptant les intersections rectangulaires qu'on y rencontre. Chaque grand cercle primitif en renferme quatre, qui sont placées à des intervalles égaux chacun à un

apothème augmenté d'un demi-côté de triangle équi
réunion qui forme exactement un quart de circonfére
voit d'après cela que chacun des grands cercles prim
conjugué avec deux autres pour former un système tr
gulaire. Les quinze grands cercles primitifs donne
systèmes semblables, contenant chacun six intersecti
tangulaires, ce qui en fait trente, comme on l'a déjà

Pour trouver ces cinq systèmes trirectangulaires s
biguïté, il suffit de considérer les milieux des cinq
l'un des *douze* pentagones. Chacun de ces milieux
une intersection rectangulaire appartenant à un syst
rectangulaire différent de ceux auxquels appartien
quatre autres.

La manière dont s'assemblent les cent vingt triang
tangles scalènes, dans lesquels la surface de la sphère
visée par les quinze grands cercles primitifs du résea
met de mettre en évidence, avec la plus grande faci
principales propriétés de la symétrie pentagonale.
pour cela d'étudier les différentes figures auxquelles
nent naissance par leurs divers modes de groupement

Les cordes des trois côtés de chacun des vingt t
sphériques équilatéraux, composés respectivement
triangles rectangles scalènes, forment un triangle équ
plan, et les vingt triangles plans ainsi obtenus constit
icosaèdre régulier inscrit dans la sphère et dont les s
coïncident avec les centres des douze pentagones.

Les cordes des cinq côtés de chacun des douze pen
sphériques réguliers, composés respectivement de di
gles rectangles scalènes, forment un pentagone réguli
et les douze pentagones plans ainsi engendrés constit
dodécaèdre régulier inscrit dans la sphère et dont les s
coïncident avec les centres des vingt triangles équilat

Chacune des trente intersections rectangulaires des
cercles primitifs du réseau occupe le milieu de l'un de
losanges sphériques résultant de l'assemblage quatre
des cent vingt triangles rectangles scalènes. Si par ch
ces trente points on mène un plan tangent à la sph
formera un solide terminé par trente losanges égau
eux et régulièrement assemblés. Ce solide est circons
sphère, mais il peut être remplacé par un autre ser
et un peu plus petit, qui serait inscrit dans la sph
manière que les sommets quintuples coïncident a
centres des douze pentagones, et que ses sommets
se trouvent sur les rayons aboutissant aux centres de
triangles équilatéraux.

Chacun des cinq systèmes trirectangulaires conduit
manière analogue à un cube, à un octaèdre, aux deux
dres qui en dérivent par hémiédrie, et à un dodécaèdre
boïdal. Ainsi le réseau pentagonal renferme cinq cube
octaèdres, dix tétraèdres et cinq dodécaèdres rhomb
assemblés suivant les lois de la symétrie pentagonale.

La considération de ces différents solides met sur la
trouver les grands cercles qui peuvent concourir a
quinze grands cercles primitifs pour représenter la sy
pentagonale, ou même les remplacer dans son expressi
même que, dans le système cubique, l'octaèdre et le
caèdre rhomboïdal peuvent remplacer le cube.

On peut d'abord mener par le centre de la sphère si
respectivement parallèles aux douze faces du dodécaè
gulier. Ces six plans détermineront six grands cercle
chacun aura pour pôles les centres de deux des douze

iériques réguliers. Ces six grands cercles seront seuls spèce dans le réseau, et constitueront l'expression la le et la plus concentrée, la plus quintessenciée, pour , de la symétrie pentagonale. L'auteur de la *Notice* nné le nom de *dodécaédriques réguliers*.

it aussi mener par le centre de la sphère dix plans ement parallèles aux vingt faces de l'icosaèdre régu- dix plans détermineront dix grands cercles qui au- r pôles les centres des vingt triangles équilatéraux. itueront, après les précédents, l'expression la plus ée de la symétrie pentagonale. L'auteur leur a donné *'icosaédriques*.

urrait également mener par le centre de la sphère lans respectivement parallèles aux faces du solide par trente losanges; mais il est aisé de voir que ces seraient autre chose que les plans mêmes des *quinze rcles primitifs*.

urrait aussi mener par le centre de la sphère quinze spectivement parallèles aux six faces de chacun des es, mais ces quinze plans reproduiraient encore ceux *e grands cercles primitifs*.

urrait songer, en outre, à mener par le centre de la es plans parallèles aux faces des cinq octaèdres, ou, vient au même, des plans perpendiculaires aux dia- les cinq systèmes trirectangulaires : chaque système gulaire ayant quatre diagonales, il semble qu'il de- oir en tout vingt plans de cette espèce; mais il n'y llement que dix, parce que chaque diagonale est e à deux des cinq systèmes trirectangulaires, qui se ent l'un à l'autre en tournant, soit de 44° 28′ 39″,04, ° 31′ 20″,96, autour de la diagonale qui leur est com- e plus, ces dix diagonales des systèmes trirectangu- sont autre chose que les diamètres de la sphère qui deux à deux les centres des vingt triangles équilaté- sorte que les dix plans qui leur seraient respective- rpendiculaires rentrent dans ceux des *icosaédriques*. onstruction ne donne donc pas de nouveaux cercles, augmente l'importance des *icosaédriques*, et, pour r leur condition privilégiée, l'auteur les a nommés *iques ou octaédriques*, ou même simplement *octaédri- m* plus facile à prononcer.

ut enfin, pour compléter l'opération, mener par le e la sphère des plans respectivement parallèles aux s cinq dodécaèdres rhomboïdaux, faces dont on soixante parallèles deux à deux. Ces plans, qui sont bre de trente et perpendiculaires deux à deux aux s quinze grands cercles primitifs, déterminent trente ercles que l'auteur nomme *dodécaédriques rhomboï-*

onstructions qui viennent d'être définies donnent en grands cercles, savoir :

dodécaédriques réguliers ;
icosaédriques ou octaédriques ;
grands cercles primitifs ;
dodécaédriques rhomboïdaux.

rands cercles, surtout les seize premiers, sont évi- nt dans les rapports les plus intimes avec la symétrie nale, et l'auteur les a nommés les *grands cercles prin- du réseau pentagonal*.

ie de Beaumont a donné dans la *Notice sur les systèmes agnes* une figure exacte (pl. V) de l'un des douze pentagones du réseau, sur laquelle tous les grands cercles principaux sont représentés par des lignes pleines ou diversement ponctuées, de manière à en rendre les quatre classes distinctes à première vue et à montrer comment ces grands cercles s'ajustent les uns aux autres. On le voit mieux encore sur le globe où M. Laugel a dessiné le réseau pentagonal.

Mais ces *soixante et un grands cercles principaux* ne forment pas encore un réseau assez serré pour qu'on puisse y trouver les grands cercles de comparaison de tous les systèmes de montagnes. La stratigraphie ne peut pas plus s'y arrêter que la cristallographie ne s'arrête aux faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre rhomboïdal. Elle doit chercher des grands cercles auxiliaires parmi ceux qui dérivent des grands cercles principaux, lorsqu'on supprime une des conditions qui fixaient ces derniers dans la position limite qui leur appartient. On obtient ainsi des grands cercles qui reflètent encore d'une manière très-marquée la symétrie pentagonale. L'auteur s'est laissé guider à cet égard par ce qui a été fait dans la cristallographie, non parce que la cristallographie est une science familière à beaucoup de géologues, mais parce qu'elle repose sur une analyse exacte et approfondie des rapports géométriques de tous les plans qui peuvent se rattacher au système trirectangulaire ou quadrilatéral, analyse dont on peut reporter l'esprit dans l'étude du réseau pentagonal.

Le *réseau quadrilatéral* divisant la surface de la sphère en quarante-huit triangles sphériques rectangles scalènes égaux et symétriques deux à deux, les plans des arcs qui forment les côtés de ces triangles divisent l'espace en quarante-huit angles trièdres, ayant pour sommet commun le centre de la sphère. Si dans l'un de ces angles trièdres on place un plan d'une manière quelconque, et qu'on en place un semblablement dans chacun des quarante-sept autres angles trièdres, ces quarante-huit plans formeront un solide à quarante-huit faces, qui jouira dans son ensemble de la symétrie quadrilatérale, mais qui s'y rattachera le moins possible, puisque le premier plan choisi ne s'y rattache en aucune façon. Mais le premier plan peut être choisi de manière à remplir une condition particulière par rapport à la symétrie quadrilatérale. Le solide se rattache alors plus intimement à cette symétrie, et il s'y rattachera d'autant plus que le premier plan choisi y sera plus étroitement lié.

Le *réseau pentagonal* donne naissance de la même manière à un système de cent vingt angles trièdres qui conduisent à un solide à cent vingt faces doué dans son ensemble de la symétrie pentagonale, et d'autant plus lié à cette symétrie, que le premier plan choisi s'y rattache plus étroitement.

Les cinq systèmes trirectangulaires que renferme le réseau pentagonal donnent naissance à cinq solides à quarante-huit faces, présentant 5 fois 48 plans, ou 240 plans, qu'on peut, d'après leur symétrie, considérer comme formant un solide à deux cent quarante faces; deux fois autant qu'en compte le solide dérivé du réseau pentagonal. Mais ce solide se dédouble en deux autres dont chacun présente cent vingt faces et jouit de la symétrie pentagonale.

Pour le concevoir, il suffit de remarquer que les deux triangles rectangles scalènes, qui dans le réseau quadrilatéral aboutissent par leurs angles de 45° à l'angle d'un triangle trirectangle, s'y trouvent dans des conditions de parfaite symétrie, mais que, lorsque ce même triangle trirectangle est considéré comme faisant partie du *réseau pentagonal*, l'

des côtés de chaque angle droit appartient à un petit côté et l'autre à un grand côté de l'un des triangles rectangles scalènes du *réseau pentagonal*, de sorte que les triangles du *réseau quadrilatéral* qui leur sont accolés jouent dans la symétrie pentagonale des rôles différents; ce qui conduit au dédoublement du système de 240 plans en deux systèmes de 120 plans chacun, 120 d'une espèce, symétriques deux à deux, et 120 d'une autre espèce, également symétriques deux à deux. Dans chacun des deux systèmes les cent vingt plans sont également parallèles deux à deux, et ils répondent à deux séries, chacune de soixante cercles, appartenant généralement à deux espèces différentes.

On voit par là que les deux réseaux, dans leur assemblage, s'engrènent d'une manière à la fois gauche et parfaitement régulière, et ce qu'ils présentent de similaire conduit naturellement à procéder dans l'analyse du *réseau pentagonal* comme la cristallographie a procédé dans l'analyse du *réseau quadrilatéral*.

Dans le système cristallin régulier, les faces qui ont les rapports les plus directs avec la symétrie générale sont, après les faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre rhomboïdal, celles qui, en termes de cristallographie, s'appuient sur les arêtes de ces solides, et qui peuvent être engendrées par les plans de leurs faces tournant autour des arêtes qui les terminent; c'est-à-dire les faces des hexatétraèdres ou dodécaédriques pentagonaux, celles des trapézoèdres ou des solides à faces triangulaires qui en continuent la série, et celles des solides à quarante-huit faces formés de douze pyramides ayant pour bases les faces du dodécaèdre rhomboïdal. Ces faces peuvent toutes être engendrées par celles du dodécaèdre rhomboïdal tournant autour de leur petite diagonale, de leur grande diagonale, et des quatre arêtes qui les terminent.

Transportés dans le réseau pentagonal, les plans qui correspondent aux hexatétraèdres des cinq systèmes trirectangulaires sont représentés par les grands cercles, en nombre infini, qu'on peut faire passer par les trente intersections rectangulaires des grands cercles primitifs, et les plans qui correspondent aux trapézoèdres sont représentés par les grands cercles, en nombre infini, qu'on peut faire passer par les points de la surface sphérique, au nombre de soixante, où aboutissent les diagonales des angles plans des systèmes trirectangulaires. Ces points sont les milieux des arcs de 90° qui, sur les grands cercles primitifs, joignent les intersections où ils se coupent à angle droit. Enfin les plans qui correspondent aux faces des pyramides ayant pour bases les faces en forme de losange du dodécaèdre rhomboïdal sont représentés par les grands cercles, en nombre infini, qu'on peut faire passer par les points de la surface de la sphère où aboutissent les diagonales des cinq systèmes trirectangulaires. Ces points sont au nombre de vingt seulement, ainsi qu'on l'a déjà vu, et il en résulte que les cercles qui sont assujettis à y passer éprouvent par cela même une sorte de concentration qui leur imprime d'une manière particulière le cachet de la symétrie pentagonale.

L'auteur a nommé *hexatétraédriques* ou *dodécaédriques pentagonaux* les grands cercles qui passent aux trente intersections rectangulaires des cercles primitifs du réseau. Par des motifs déjà signalés à l'occasion des solides de deux cent quarante et de cent vingt faces, les soixante hexatétraédriques, qui correspondent à chaque système de cinq hexatétraèdres,

forment deux séries, chacune de trente cercles, appar
généralement à deux espèces différentes.

L'auteur a nommé par le même motif *trapézoédriq*
grands cercles qui passent aux soixante points de la s
sphérique où aboutissent les diagonales des angles dro
cinq systèmes trirectangulaires.

Quant aux cercles qui passent par les vingt points où
tissent les diagonales des cinq cubes, il les a nommés
naux en raison de ce que les points auxquels ils sont a
tis à passer constituent les angles des pentagones sphé
réguliers, que ces cercles traversent diagonalement.

Passant ensuite aux trois solides qui dérivent direct
de la symétrie pentagonale, on peut également concev
faces, en nombre infini, appuyées sur les arêtes du do
dre régulier, sur celles de l'icosaèdre ou sur celles du
terminé par trente losanges, et mener par le centre
sphère des plans parallèles à ces faces.

Les plans menés par le centre de la sphère, parallèl
aux faces appuyées sur les arêtes du dodécaèdre réguli
sent tous par l'un ou l'autre des axes de l'un des cin
tèmes trirectangulaires, et les grands cercles qu'ils dé
nent en nombre infini, passent tous par l'un ou par
des trente points où les grands cercles primitifs du rés
coupent à angle droit.

Il en est exactement de même des cercles détermin
des plans menés par le centre de la sphère, parallèl
aux faces appuyées sur les arêtes de l'icosaèdre réguli

Ainsi tous ces cercles rentrent dans la classe des h
traédriques.

Il en est autrement des plans parallèles aux faces
peut concevoir comme s'appuyant sur les arêtes du
terminé par trente losanges, et formant sur chacun
losanges une pyramide à quatre faces. Les cercles déte
par ces plans passent par les points de la surface de la
où les grands cercles primitifs se coupent sous des ang
36 degrés, c'est-à-dire par les centres des douze pent
sphériques réguliers. Par suite de cette circonstance,
teur a donné aux cercles dont il s'agit le nom de *diamé*

En résumé, les cercles qu'on est conduit à intro
comme auxiliaires les plus directs, dans le réseau penta
passent par quatre sortes de points, savoir : par les c
des douze pentagones, par les centres des vingt tri
équilatéraux, par les centres des trente losanges, et p
points situés au milieu des arcs de 90 degrés qui joi
l'une à l'autre les intersections rectangulaires des g
cercles primitifs. Ils sont de quatre sortes : les *hexatétr*
ques, les *trapézoédriques*, les *diagonaux* et les *diamét*
de même qu'il y a aussi quatre espèces de grands cercle
cipaux.

Les points où les grands cercles auxiliaires sont ass
à passer sont évidemment ceux qui jouent le rôle prép
rant dans l'ordonnance des cercles du réseau, et ils d
ce privilége à la circonstance qu'ils constituent les pôl
cercles principaux.

En effet, les centres des douze pentagones sont, comn
l'a déjà dit, les pôles des six *dodécaédriques régulier*
centres des vingt triangles équilatéraux sont les pôles de
icosaédriques ou octaédriques; les trente points où les *g*
cercles primitifs se rencontrent perpendiculairement so
pôles de ces mêmes cercles; et enfin les soixante points
diagonales des angles droits des cinq systèmes trirecta

encontrent la surface de la sphère sont les pôles des *lodécaédriques rhomboïdaux*.

ercles auxiliaires que nous avons choisis, passant tou- ar les pôles de l'un des grands cercles principaux, cou- cessairement ce grand cercle à angle droit : ainsi les cercles auxiliaires que nous avons introduits sont tout nent les perpendiculaires aux grands cercles princi- t le réseau, limité à ces cercles, est composé sim- t des grands cercles principaux et de tous leurs per- laires.

ôles des grands cercles principaux étant tous situés *grands cercles primitifs*, on voit que tous les cercles its dans le réseau peuvent être engendrés par les *cercles primitifs* tournant autour de ceux de leurs dia- qui aboutissent aux pôles des grands cercles princi- t les grands cercles principaux eux-mêmes sont com- ns ce mode de génération.

ces cercles sont évidemment en connexion très- les uns avec les autres et avec la symétrie du réseau. ent un ensemble très-rationnellement limité, et dans des rapports de symétrie ils occupent un rang supé- tous ceux dont la liaison avec le système des vingt s équilatéraux permettrait encore d'y chercher de ux cercles auxiliaires. Sans proscrire en aucune façon i de ces derniers, l'auteur de la *Notice* a pensé que, premier essai de la symétrie pentagonale, on pour- limiter à la série de cercles qui vient d'être définie.

eur a pensé aussi qu'il serait utile d'avoir une nota- ple pour désigner les pôles des cercles principaux où les auxiliaires sont assujettis à passer, et il a désigné es pôles des dodécaédriques réguliers qui répondent tres des faces du dodécaèdre régulier, par I les pôles *aédriques ou octaédriques* qui répondent aux centres s de l'icosaèdre régulier, par H les pôles des *grands primitifs* qui répondent aux centres des faces du so- trente losanges et où passent les *hexatétraédriques*, et s points où aboutissent les diagonales des angles droits q systèmes trirectangulaires, points où les *trapézoèdri-* t assujettis de même à passer. Il a donné collective- tous ces points le nom de points principaux du réseau. a aussi considéré comme points principaux d'un ordre ire les soixante points *a* où les octaédriques coupent diculairement les *grands cercles primitifs*, les soixante *b* où les *dodécaédriques réguliers* coupent perpendicu- nt les mêmes *grands cercles primitifs*, et les cent vingt où les *dodécaédriques rhomboïdaux* coupent perpendi- ment les *octaédriques*.

erniers points sont ceux où la surface sphérique est e par des droites menées du centre de la sphère, pa- ent aux apothèmes des faces de l'icosaèdre, du dodé- ue régulier et des cinq octaèdres. Déjà les lignes me- r le centre de la sphère, parallèlement aux axes, aux les, aux arêtes de l'icosaèdre, du dodécaèdre régulier, de de trente losanges, des cinq cubes, des cinq octaè- s cinq dodécaédriques rhomboïdaux, et aux diagonales s du solide de trente losanges, des cinq cubes et des décaédriques rhomboïdaux, aboutissent aux points et T. Les points principaux représentent donc les lignes symétriquement placées dans la charpente rectiligne au pentagonal, et, dans l'ordre hiérarchique basé sur la symétrie, ils sont supérieurs à tous ceux avec lesquels on pourrait les comparer.

Il y a ainsi en tout 362 points principaux, tant du premier que du second ordre, savoir :

12	points D
20	points I
30	points H
60	points T
60	points *a*
60	points *b*
et 120	points *c*
362	

La disposition de ces points sur la surface de la sphère est beaucoup plus simple que leur grand nombre ne pourrait le faire supposer de prime abord. Si on les considère sur la planche V de la *Notice*, ou mieux encore sur le globe où M. Laugel a tracé le réseau pentagonal, on verra qu'ils sont disposés avec une symétrie facile à saisir et qui permet de les retrouver aisément. Ils donnent lieu à certaines configurations très-simples qui sont indiquées en détail dans l'ouvrage, mais dont la description ne peut trouver place dans ce rapport. On citera seulement le petit pentagone que forment autour du centre de chacun des douze grands pentagones les cinq octaédriques qui le traversent. Le petit pentagone est concentrique au grand. Il a pour sommets cinq points T, et un point *a* se trouve au milieu de chacun de ses côtés.

Dans le réseau ainsi constitué, le nombre des cercles auxiliaires est infini ; mais, dans chaque catégorie, ces cercles, quoique engendrés d'une manière uniforme, n'ont pas une égale importance. En effet, parmi les hexatétraédriques, par exemple, dont chacun passe par un point H, ceux qui passent en même temps par un autre des points principaux du premier ordre D, I, T, ou même seulement par un point principal du second ordre, *a*, *b* ou *c*, ont évidemment une liaison plus étroite avec la symétrie pentagonale que ceux qui ne jouiraient pas d'un pareil privilége. Le nombre des cercles auxiliaires qui passent par deux points principaux, dont l'un au moins du premier ordre, étant encore de plusieurs milliers, l'auteur a pensé que provisoirement, et pour faire un premier essai de la symétrie pentagonale, on pourrait se borner à ces cercles privilégiés, sauf à revenir plus tard, si le besoin s'en faisait sentir, à des cercles assujettis à des conditions moins étroites.

Les cercles principaux et les cercles privilégiés qui viennent d'être signalés forment en quelque sorte la quintessence du réseau pentagonal, et il a paru très-probable à l'auteur que, si le réseau a des rapports avec la structure orographique et stratigraphique de l'écorce terrestre, ces rapports doivent se manifester, par l'intermédiaire de ces cercles d'ordre supérieur, d'une manière assez générale déjà, pour ne laisser aucun doute. En effet, dans tous les essais qu'il a faits, il n'a jamais senti le besoin de recourir à des cercles auxiliaires d'un ordre inférieur ; cependant quelques-unes des personnes qui se sont occupées de l'application du réseau pentagonal y ont eu recours dans des cas exceptionnels, qui pourront peut-être se multiplier.

Les cercles auxiliaires du réseau pentagonal correspondent à peu près aux décroissements de la cristallographie, et, par leur moyen, le réseau pentagonal devient aussi flexible pour représenter une direction observée que l'est un système crys-

tallin pour reproduire approximativement une incidence mesurée. La limitation du nombre des cercles auxiliaires ressemble à ce qui se pratique dans la cristallographie, où, par exemple, pour l'incidence d'un hexatétraédrique sur la face du cube, on peut adopter un angle dont la tangente soit le rapport de deux nombres entiers quelconques, mais où, par le fait, on n'emploie jamais que des angles dont la tangente est exprimée par le rapport de deux nombres peu considérables, tels que 1, 2, 3, 4...

La possibilité de se servir toujours de pareils nombres montre les rapports intimes de la cristallographie avec la structure réelle des corps cristallisés, et de même la possibilité de s'en tenir presque toujours à des cercles auxiliaires déterminés par les points principaux du réseau montre les rapports intimes qui existent entre le réseau pentagonal et la structure de l'écorce terrestre.

Les notations adoptées pour les points principaux fournissent des notations très-simples pour les cercles qui y passent ; car il est naturel de désigner par IT un cercle qui passe par un point I et un point T, par T*a* un cercle qui passe par un point T et un point *a*. Il est à remarquer cependant que, réduite à ce degré de simplicité, la notation a quelque chose d'ambigu, parce qu'il y a des cercles IT et des cercles T*a* de plusieurs espèces, qui traversent dans le réseau des régions très-différentes. Pour faire disparaître cet inconvénient, il suffit de remarquer qu'un cercle qui passe par deux points principaux passe très-souvent par plusieurs autres qui peuvent également servir à le désigner et dont on peut faire entrer les lettres indicatives dans sa désignation. On arrive ainsi à des notations telles que TI*a*, TT*bbc*, etc. Il suffit de tenir compte des points qu'un cercle rencontre dans une demi-circonférence, ceux de l'autre moitié du cercle étant nécessairement les antipodes des premiers.

Le nombre des cercles d'une même espèce est variable. Les *dodécaédriques* réguliers sont au nombre de 6, les *octaédriques* au nombre de 10, les *primitifs* au nombre de 15, et les *dodécaédriques rhomboïdaux* au nombre de 30. Quant aux cercles auxiliaires, ceux dont les pôles tombent sur les *primitifs* sont au nombre de 30 d'une même espèce, et ceux dont les pôles sont en dehors des primitifs sont au nombre de 60, aussi d'une même espèce. 60 est le nombre normal, car le nombre des triangles rectangles scalènes étant de 120, ce nombre est aussi en général le nombre des faces d'un solide du système pentagonal, tel que celui qui résulte d'une pyramide à quatre faces placée sur chacune des faces du solide terminé par trente losanges ; mais, si deux faces deviennent perpendiculaires au plan d'un *primitif*, les cercles qui leur correspondent se confondent deux à deux, et de 60 leur nombre se réduit à 30, parce que leurs pôles viennent se placer respectivement sur le *grand cercle primitif*, auquel ils sont perpendiculaires. C'est par des combinaisons du même genre, mais plus spéciales, que le nombre des *primitfs* se réduit à 15, celui des *octaédriques* à 10, et celui des *dodécaédriques réguliers* à 6. En général, plus le nombre des cercles d'une même espèce est réduit, plus les cercles de cette espèce sont étroitement liés à la symétrie pentagonale. Les six *dodécaédriques réguliers* sont, comme on l'a déjà remarqué, l'expression la plus concentrée de la symétrie pentagonale.

Dans l'étude qu'il fit du réseau pentagonal pour arriver à le constituer ainsi, M. Élie de Beaumont fut naturellement conduit à calculer les valeurs d'un grand nombre d'angles formés par les cercles du réseau dans leurs intersections mutuelles, et les amplitudes d'un grand nombre d'arcs résultant aussi de la manière dont les cercles se subdivisent, en se coupant les uns les autres. Ces calculs, nécessairement assez longs, ne le sont cependant pas autant qu'on pourrait le supposer au premier abord, parce que les cent vingt triangles rectangles scalènes, dans lesquels les grands cercles primitifs du réseau divisent la surface de la sphère, renfermant tous exactement les mêmes choses, il suffit de calculer ce qui se rapporte à l'un d'eux pour connaître ce qui se rapporte à tous les autres. Les angles et les arcs qui ne sont pas renfermés dans un seul des cent vingt triangles s'obtiennent en ajoutant les unes aux autres les parties qui se trouvent dans plusieurs.

Les valeurs des angles et celles des arcs forment deux séries qui ont beaucoup de rapports l'une avec l'autre, et souvent on trouve des valeurs d'angles égales à celles d'arcs déjà calculés, et *vice versâ*, ce qui donne des moyens de vérification toujours précieux dans une longue série de calculs ; car, du moment qu'on retrouve les mêmes valeurs pour certains angles et certains arcs, on doit les retrouver identiques jusque dans les dernières fractions.

L'accumulation des valeurs des angles formés par les cercles du réseau pentagonal mettait de plus en plus en évidence leur tendance à se grouper de préférence autour de certains points du quadrant, peu différents de ceux autour desquels se groupaient aussi les angles formés par les *grands cercles de comparaison provisoires* des vingt et un systèmes de montagnes de l'Europe occidentale établis d'après les observations. Par là il devenait de plus en plus probable que la corrélation qui existe entre ces grands cercles de comparaison consiste en ce qu'ils sont soumis très-approximativement aux lois de la symétrie pentagonale. Mais il restait un pas important à faire, c'était de désigner, parmi les cercles principaux ou auxiliaires du réseau pentagonal, celui qui devait représenter chaque système de montagnes.

La considération des valeurs des angles ne suffisait pas pour y parvenir, car chaque valeur d'angle des cercles donnés par l'observation pouvait être rapprochée en général de plusieurs valeurs d'angles tirées du réseau, qui en différaient toutes de quantités inférieures aux erreurs possibles des observations. Ces valeurs se rapportaient à des parties du réseau très-différentes les unes des autres, et leur adoption aurait placé le réseau dans des positions tout à fait dissemblables sur la surface du globe. Il aurait fallu trouver entre les angles déduits de l'observation et ceux tirés du réseau deux cent dix rapprochements suffisamment approximatifs et qui s'accordassent pour donner au réseau une seule et même position. C'était un dédale à peu près inextricable, et dont il aurait été très-difficile de sortir, même après avoir calculé un nombre extrêmement considérable d'angles formés par les cercles du réseau.

Il y avait là une donnée première à chercher, qui n'était comprise ni explicitement ni implicitement dans la notion abstraite du réseau pentagonal.

Il fallait trouver, au milieu des irrégularités infinies des accidents orographiques, un point de départ assuré pour placer la figure parfaitement régulière du réseau pentagonal dans la position précise où elle a présidé à leur production.

M. Élie de Beaumont, arrêté d'abord par cette difficulté, imagina de la tourner par un expédient en quelque sorte mé-

. Il pensa que, si les lois de la symétrie pentagonale réellement empreintes dans les formes orographiques dentent l'écorce terrestre, les quinze grands cercles pri- u réseau devaient en représenter en quelque sorte la rimitive, et les autres grands cercles principaux les dérivées les plus importantes, et que, si on mettait en 'un de l'autre un globle terrestre et un réseau penta- éduit à ses cercles principaux, on devrait pouvoir, à la vue, saisir entre eux des rapports qui conduiraient à *la position* dans laquelle le réseau est réellement en ie avec les configurations géographiques; que, si une ntation du réseau pentagonal était promenée sur la sur- n globe terrestre, on parviendrait bientôt à saisir, entre les principaux du réseau et les grandes configurations hiques, des relations qui permettraient de *mettre le à sa place*, à la suite de quelques essais.

onséquence, il plaça sur un globe de 50 centimètres de re un *filet mobile* (en fils de soie), composé en principe t mailles ayant chacune la forme d'un triangle équila- la grandeur voulue pour que le filet s'applique exac- sur la surface sphérique et l'embrasse avec une rigou- récision. Puis, sans compléter d'abord entièrement le il y ajouta les cercles et portions des cercles néces- our en rendre la forme et les principales applications à comprendre et à exécuter.

igura, outre les *grands cercles primitifs* auxquels ap- nent les côtés des vingt triangles équilatéraux, une les autres cercles principaux du réseau, des *octaédri- es dodécaédriques réguliers*, des *dodécaédriques rhom- *, et même *quelques cercles auxiliaires*. Les cercles liés entre eux d'une manière invariable, mais leur en- était mobile sur la surface du globe. Quelques tâton- s préliminaires le conduisirent à installer tout sim- t le réseau sur le triangle trirectangle, ou à peu près il avait trouvé être formé par les grands cercles de raison provisoires des systèmes du *Ténare*, de l'*axe vol- de la Méditerranée* et de la *grande traînée volcanique les et du Japon*. Ce triangle se trouvait représenté par *nd cercle primitif* (Ténare) et par deux *dodécaédriques idaux*. Un point T coïncidait avec l'Etna, un centre de one tombait vers le milieu de l'Allemagne, et le grand primitif qui passait à l'Etna allait passer aussi au Mou- , dans les îles Sandwich. On pouvait voir d'un coup u'installé de cette manière le réseau s'adaptait assez isement, et même avec des circonstances d'une préci- gulière, qu'il était difficile de considérer comme for- à la structure de la surface entière du globe.

lie de Beaumont présenta ce réseau ainsi installé à émie des sciences dans la séance du 9 septembre 1850, pagné d'une *Note sur la corrélation des directions des ils systèmes de montagnes*, qui a été imprimée dans les *s rendus*, t. XXXI, p. 325, et qui a été développée dans *ce sur les systèmes de montagnes*.

étude attentive, poursuivie au moyen de réseaux laires établis sur différents globes et de constructions ondantes exécutées sur un grand nombre de cartes, confirmé M. Élie de Beaumont dans le choix de l'ins- on qui vient d'être indiquée, il n'hésita plus à la tra- en chiffres.

osition du réseau était déjà fixée par la coïncidence oint T avec l'Etna et par la direction du grand cercle primitif qui de ce point allait passer au Mouna-Roa, mais il la fixa plus explicitement encore, en annonçant que le centre du pentagone qui embrasse l'Europe était situé par

lat. 50°46′3″,08 N.
long. 8°53′31″08 E. de Paris,

et que l'orientation, en ce point, de l'un des côtés des vingt triangles équilatéraux était N. 13°9′41″,03 O. (1).

Ces trois chiffres déterminaient implicitement la position de tous les points du réseau pentagonal. Ils permettaient de calculer pour chacun d'eux sa latitude, sa longitude et l'orientation des cercles qui y passent, en se servant des valeurs, déjà calculées pour beaucoup d'entre eux, des arcs et des angles qui lient mutuellement de proche en proche tous les points du réseau.

La troisième partie du Rapport, intitulée *Installation du réseau pentagonal sur la surface du globe terrestre*, achève de faire connaître l'existence et l'origine des *données numériques* au moyen desquelles on peut aujourd'hui tracer le *réseau pentagonal* avec autant de facilité que de précision, soit sur un globe terrestre grand ou petit, soit sur des cartes géographiques ou topographiques d'une échelle et d'une projection quelconques.

La quatrième partie du Rapport, qui est la plus étendue, s'occupe des *relations existantes entre le réseau pentagonal et les inégalités de l'écorce terrestre*. Elle comprend une série de monographies, au nombre de 59, nombre qu'on aurait pu étendre considérablement, dont chacune suit un cercle du réseau dans la totalité ou dans une partie plus ou moins grande de sa circonférence, en faisant connaître les accidents de l'écorce terrestre qu'il rencontre sur son passage, et qui peuvent être considérés comme ses *repères*.

Voici l'une de ces monographies prise à peu près au hasard.

Un *bissecteur* DH a pour pôles le point *b* qui tombe dans l'océan Indien, au S.-E. de l'île de Diego-Ruys, et son antipode le point *b* qui tombe dans l'océan Pacifique, sur les côtes de la Vieille-Californie.

Ce grand cercle aborde l'Afrique par le cap Rouge ou cap Roxo, situé sur la côte de la Sénégambie, à 3 degrés environ au sud du cap Vert. Tracé sur les cartes marines françaises et anglaises de ces parages, il passe au cap Roxo et coupe la rivière de Cazamance dans le grand méandre qui précède son embouchure, puis la Gambie au fort de Jillifree. Il traverse enfin le Sénégal à Guédé et Mokhtar-Salam, à environ 10 minutes ou 19 kilomètres au-dessus de Podor, c'est-à-dire vers le point où le fleuve sort de la région montagneuse pour entrer dans les plaines littorales.

Il traverse ensuite le Sahara occidental et pénètre dans l'empire du Maroc. Tracé sur la carte déjà citée de M. Émilien Renou, il coupe la crête de l'Atlas par la haute cime qui domine, au sud, Alemdin, en passant immédiatement à l'ouest d'un défilé qui lui est à peu près parallèle. Il laisse à l'O.-N.-O., à 34 minutes ou 63 kilomètres de distance, la cime dominante de Miltzin. Au nord de l'Atlas, il passe très-sensiblement par la ville de Todla, et, après avoir traversé

(1) Note contenant les données qui fixent la position du réseau pentagonal sur la surface du globe. (*Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 134, séance du 11 août 1851.) — Voyez aussi *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1028.

les montagnes situées au S.-E. de Fez, il entre dans la Méditerranée, près de Nekor.

Il y laisse, à une faible distance à l'E., l'île d'Alboran, formée de roches d'origine éruptive, et, comme on peut le voir sur la carte planche V de la *Notice*, il aborde l'Espagne par le massif du cap de Gates. De là jusqu'en Catalogne il côtoie le littoral ibérien, suivant la direction assignée par M. Vézian.

Notre cercle traverse ensuite la France et la Souabe avec beaucoup de coïncidences précises, sur lesquelles on reviendra plus loin, et, franchissant le Necker à Wimpfen, puis le Mein un peu au-dessous de Wurtzbourg, il s'étend dans les plaines de trias de la Thuringe. Il passe à 3 kilomètres au S.-E. de la ville d'Hildburghausen, célèbre par les pas que d'anciens sauriens ou batraciens ont laissés imprimés dans le grès bigarré, effleure l'extrémité S.-E. du Thüringerwald, où il entame légèrement la grande masse de porphyre micacé figurée sur la carte de M. Bernard Cotta. Il en sort près du point où cesse la ceinture de grès rouge, et, suivant la pente nord du Langenberg, tracé à peu près la limite N.-O. des schistes et des grauwackes du Frankenwald. Il traverse à Dürnfeld l'extrémité de la ceinture de zechstein du Frankenwald, en côtoyant à une très-petite distance l'affleurement du gypse qui s'y trouve, passe à la proéminence de muschelkalk du Hebelberg, et arrive enfin au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda.

Du point D, notre *bissecteur*, qui divise en deux parties égales l'angle de 36 degrés formé par les *primitifs* de la Nouvelle-Zemble et de Lisbonne, va couper à Blankenhayn la pointe S.-E. de la protubérance de grès bigarré qui s'élève au milieu des plaines de muschelkalk. Il s'adapte, près de Naumbourg, à une partie du cours de la Saale, coupe cette rivière, ainsi que l'Elster, à peu de distance de Merseburg, et franchit l'Elbe au-dessus de Wittenberg, au coude que forme ce fleuve près du point où il reçoit sur sa rive droite une autre rivière Elster.

Se développant ensuite dans les plaines sablonneuses du Brandeburg, notre cercle coupe la Sprée à 16 kilomètres au-dessus de Berlin, passe à la protubérance isolée de muschelkalk qui se montre à une petite distance vers l'E. de cette capitale, traverse l'Oder un peu au-dessus du coude qu'il forme près de Frienwald, et va entrer dans la mer Baltique près de la lagune de Leba.

Le *bissecteur*, en se prolongeant, coupe les saillies des côtes de la Courlande et de l'Esthonie, les parties méridionales des golfes de Riga et de Finlande, ainsi que les dépressions qui renferment les eaux des grands lacs Ladoga et Onega. Il passe à une faible distance au nord de Saint-Pétersbourg.

Tracé sur la carte géologique de la Russie par sir Roderick Murchison, notre cercle, après avoir franchi la Dwina à Süsskaya, et laissé au nord, dans le pays des Samoyèdes, la partie de la vallée de la Petchora qui se replie vers l'O.-S.-O., va couper l'Ural un peu au nord du mont Sablin, où la chaîne s'infléchit vers le N.-E. pour former les monts Obdores. Il entre ensuite dans les plaines glacées du nord de la Sibérie, en côtoyant à une certaine distance la partie méridionale du golfe de l'Obi.

Il est facile de tracer approximativement ce cercle sur une carte d'Europe, en joignant par une droite le cap de Gates à Saint-Pétersbourg. En s'adaptant approximativement à la côte S.-E. de l'Espagne et aux contours festonnés des dépressions remplies par les eaux depuis la Prusse jusqu'au golfe de l'Obi, il dessine une des grandes lignes de notre continent.

On manque de détails topographiques pour le suivre dans la Sibérie, d'où il sort par le golfe où tombe la rivière Soui-Foun pour aller à travers la mer du Japon couper la grande île de Niphon, à peu près par son milieu.

Tracé, comme le *dodécaédrique rhomboïdal* de l'axe volcanique du Pacifique, sur la carte de M. Klaproth et sur celle de M. Vincendon-Dumoulin, notre *bissecteur* entre dans l'île de Niphon par la presqu'île que termine au N.-E. le cap de Susumi-Saki, et il en sort par celle que termine au sud le cap Sousaki ou Nagatsura. Il se dirige ensuite vers l'île volcanique de Fatzizio ou Fatsisjo, qu'il traverse d'après la carte de M. Klaproth, et qu'il laisse à 12 minutes dans l'O.-S.-O. d'après celle de M. Vincendon-Dumoulin.

Mais le désaccord des deux cartes est surtout manifeste relativement au grand volcan Fusi-no-Yama : sur la carte de M. Klaproth, notre *bissecteur* passe à 14 minutes à l'O.-S.-O. du volcan, et sur celle de M. Vincendon-Dumoulin il en passe à 5 minutes à l'E.-N.-E., ce qui établit une différence de 19 minutes ou 35 kilomètres entre les positions du volcan sur les deux cartes ; et sur la première le *bissecteur* coupe le *dodécaédrique rhomboïdal* à 14 minutes à l'O.-S.-O. de la montagne, tandis que sur la seconde l'intersection tombe à 18 minutes au nord. Au milieu de ces contradictions, que des relèvements plus précis du grand pic pourront seuls faire disparaître, il paraît cependant permis de conclure que le point de rencontre des deux cercles tombe à moins de 15 minutes ou 28 kilomètres du Fusi-no-Yama. Ils en construisent la position avec une certaine approximation, qu'on ne peut cependant encore apprécier exactement.

Le *bissecteur* va passer ensuite au point H situé vers la partie septentrionale du petit archipel des îles Bonin-Sima, et s'avance dans l'océan Pacifique jusque vers 10 degrés de latitude méridionale, en évitant toutes les petites îles et les récifs de ces parages. Il rase alors avec la plus grande précision le cap Surville, extrémité orientale de l'île de San-Cristoval, la plus orientale elle-même de l'archipel de Salomon, et il suit une direction exactement parallèle à celle de deux chaînes d'îlots situés au nord de cette grande île, en laissant au N.-E., à une faible distance, l'île des Contrariétés et l'île de Santa-Anna, très-petites l'une et l'autre.

Traversant obliquement les îles Loyalty entre l'île Chabrol et l'île Britannia, et laissant à l'O.-S-O. la Nouvelle-Calédonie et tous les récifs qui l'accompagnent, notre cercle se dirige ensuite vers la Nouvelle-Zélande, dont il détache vers le N.-E. un segment peu étendu terminé par le cap Wareka-Hoka. Il y entre par le cap qui clôt à l'est la baie d'Abondance, rase le pied sud-ouest de la montagne la plus élevée de cette partie de l'île septentrionale Ika-na-Mawi, et en sort en rasant au nord le cap Gamble.

Plus loin, le *bissecteur* traverse le groupe des îles Chatham. Il y entre par les deux écueils adjacents à l'îlot appelé le Sesterce ; coupe, suivant l'un de ses axes, l'île principale, il en sort en rasant au nord l'île Pitt, formant ainsi l'un des diamètres les plus en harmonie avec la disposition des différentes parties de ce petit archipel.

A partir des îles Chatham, notre cercle traverse les solitudes de l'océan Austral et va passer à 2 degrés au S.-O.

Horn, en laissant lui-même au S.-O., mais à une dis- beaucoup plus grande, les îles South Shetland et les australes qui les avoisinent.

re enfin dans l'océan Atlantique méridional en laissant ., à 28 minutes de distance, la pointe Fellows, puis le int-Jean, extrémité orientale de la Terre des États, ice de la Terre de Feu, et en côtoyant la partie orien- îles Malouines ou Falkland, qui s'en détachent vers -ouest.

dapte à ce groupe d'îles avec une grande précision. it sur la belle carte des mers du cap Horn, dressée Vinceudon-Dumoulin et publiée au dépôt de la marine , il suit exactement la côte S.-E. de l'île orientale des ies, côte dont la rectilignité générale donne l'idée roncature. Il laisse au large l'écueil Mintey, l'île Beau- et un îlot voisin de la pointe Harriett, mais il rase rigoureusement le dernier écueil de la petite chaîne n-de-Mer et la pointe de Pembroke, qui est la plus de toutes vers l'est, et à partir de laquelle notre 'éloigne de la terre.

ensuite à travers l'océan Atlantique, où il ne ren- aucune terre, rejoindre sur la côte de Sénégambie Rouge, où nous avons commencé à le suivre. Il remarquer que le *bissecteur* coupe l'équateur par 39",47 O., et qu'il passe, par conséquent, dans les où existe le volcan sous-marin mentionné plus

and cercle contient, dans l'ancien continent, un arc fort étendu, d'environ 116 degrés, formant près du sa circonférence. Malheureusement, une partie des qu'il traverse sont très-peu connues; mais il dessine grandes lignes de l'Europe: il est du nombre de i traversent l'océan Atlantique d'un cap remarquable tre qui ne l'est pas moins, et dans les parties dont la phie est bien connue, il rencontre des points de re- s-précis. En dehors de la France, où nous le suivrons d, on en peut citer six particulièrement, dont quel- s représentent même des lignes d'une orientation déter- le cap Rouge; l'extrémité S.-E. du Thüringerwald; ement isolé du muschelkalk, à l'est de Berlin; le cap avec ses lignes d'îlots; le diamètre de l'archipel n, et le cap Pembroke des îles Malouines. On n'aurait e jamais remarqué, si le *bissecteur* n'avait mis sur la e ces six points sont placés en ligne droite, c'est-à-dire grand cercle, et, à ceux qui seraient tentés de ne voir effet du hasard, on pourrait répondre qu'il ne s'agit de points quelconques, et que, si le *bissecteur* en gèrement éloigné, par un petit mouvement imprimé réseau pentagonal, il ne trouverait pas de points nt remarquables pour les remplacer et serait réduit nalités sans caractère.

ême réflexion pourrait s'appliquer à la plupart des dont nous avons étudié le cours.

té dit plus haut que le *bissecteur* DH traverse la France uabe avec beaucoup de coïncidences précises sur les- on reviendrait plus loin. Voici l'article additionnel au- rapporte ce renvoi. Le cercle y est suivi dans un autre e dans l'article précédent, ce qui ne change rien aux u'il rencontre ou dont il s'approche.

ssecteur DH de l'île d'Alboran pénètre dans le cadre de géologique de la France par le côté oriental. Traver-sant les plaines formées par le trias, où il coupe le Neckar entre Heilbronn et Wimpfen, il aborde le grès des Vosges qui forme la lisière des montagnes de la Forêt-Noire par les hauteurs que constitue cette formation au S.-E. de Wildbad. Il traverse la vallée de la Murg en rasant à l'aval le relèvement granitique qui l'accidente au-dessous de Baiersbronn, puis il suit exactement le côté O.-N.-O. de la crête de grès des Vosges, couronnée par le Hunds-Kopf (940 mètres) et le Nill-Kopf (903 mètres), qui s'élève entre les bains de Ripoldsau et Petersthal. Il coupe la Kinzig à Steinach, au confluent du Muhlesbach, et, remontant l'Ynterthal, d'où sort ce dernier ruisseau, il s'adapte bientôt après au Brettenthal, et, passant au pied du Geisberg, il traverse, parallèlement à leurs crêtes les mieux dessinées, les montagnes de granite et de grès des Vosges qui s'élèvent entre la Kinzig et l'Elz. Il entre enfin dans la plaine du Rhin, à 2 kilomètres au S.-S.-E. d'Emmendingen, par l'intervalle que laissent entre elles deux parties disjointes de la ceinture de muschelkalk, après avoir parcouru dans la Forêt-Noire une étendue de 90 kilomètres, dans laquelle son cours est en parfaite harmonie avec la structure de ce groupe montagneux, à plusieurs traits duquel il s'adapte avec précision.

Dans la plaine du Rhin, notre cercle, passant d'abord au milieu de quelques lambeaux de calcaire jurassique, suit une direction parallèle au contour des montagnes granitiques de la partie méridionale de la Forêt-Noire, depuis Fribourg en Brisgau jusqu'à Salzbourg et Muhlheim, c'est-à-dire jusqu'à l'angle obtus à partir duquel ce contour prend la direction du système du Rhin. Il coupe ensuite le cours du Rhin, les collines miocènes situées au S. de Mulhouse et les dépôts pliocènes du Suntgau, et il aborde le Jura par le golfe dans lequel ces derniers dépôts s'introduisent jusqu'au voisinage de Porentruy.

Il traverse la Halle à 2 kilomètres au-dessous de cette ville, précisément à l'inflexion qu'elle éprouve en passant de l'étage corallien sur l'étage kimmeridien, et il va couper la chaîne du Lomont par la roche d'Or, élevée de 930 mètres, où il rencontre le *trapézoédrique* Ta, représentant du système du Vercors.

Passant ensuite le Doubs, notre cercle pénètre sur le plateau portlandien de Maîche et du Russey, où il s'adapte avec beaucoup de précision à plusieurs des petits accidents orographiques et géologiques que la carte y figure. Il laisse le saut du Doubs à 2 kilomètres de distance dans l'E.-S.-E., coupe de nouveau cette rivière au-dessous de Morteau, sur une voûte portlandienne flanquée de deux dépôts néocomiens, et rencontre le *trapézoédrique* Tb du système du Tatra, à l'E.-S-E. de la Grand'Combe, sur un relèvement de l'étage oolithique inférieur, qui semble s'arrêter instinctivement à la rencontre de ce dernier cercle.

De ce point notre cercle va rencontrer au N.-E. de Morez, sur la pente N.-O. de la chaîne du Rizoux, le *trapézoédrique* Tl du système du mont Viso. Dans ce nouvel intervalle, il coupe obliquement la direction générale de la stratification, des vallées longitudinales et des crêtes intermédiaires, direction qui se rapporte au système de la Côte-d'Or; mais il traverse plusieurs des crêtes dans des ouvertures qui semblent formées pour lui donner passage, telles que celles de l'Écrena et du Cernil, qui le conduisent dans la vallée des Verr celle du mont des Verrières, qui le conduit dans la val Fourgs, celle qui le conduit des Fourgs dans la vallée

tabief, aux Longuevilles et à la source du Doubs. Il est parallèle à certaines crêtes d'une direction anomale, mais très-accentuée, qui semblent se rattacher à ces ouvertures accidentelles, telles que la crête sur laquelle est bâti le fort de Joux et celle qui forme au midi la prolongation de la première et qui borde le lac de Saint-Point, dont la direction est encore la même. Enfin, dans cette partie centrale du Jura, notre cercle passe dans le voisinage d'un grand nombre de bassins néocomiens, dont les contours compliqués se coordonnent, comme on le voit très-bien, même sur le tableau d'assemblage, à deux directions principales, l'une, qui est la plus prononcée, coordonnée au système de la Côte-d'Or, et la seconde en importance parallèle à notre *bissecteur* DH.

Après avoir traversé le *trapézoédrique* Tl du système du mont Viso et la zone d'accidents qui l'accompagne, notre cercle va couper un peu à l'O. de Bouchoux, l'*hexatétraédrique* Haa, et ensuite, au S.-O. de Saint-Rambert, dans le fond et dans un coude très-prononcé de la vallée de l'Albarine, le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Dans cette seconde partie du Jura, ainsi qu'on l'a déjà remarqué, les allures de la stratification changent considérablement, et notre cercle se trouve maintenant en lutte d'influence avec la direction (N. 7° à 8° E.) du système du Vercors, avec la direction presque N.-S. de l'*hexatétraédrique* Haa et la direction N. 26° à 27° E. du système des Alpes occidentales. Les complications résultant de ce conflit n'empêchent pas qu'un certain nombre de traits orographiques et géologiques soient parallèles à notre cercle. On peut citer, entre autres, la longue vallée de soulèvement qui passe entre Sept-Moncel et Saint-Claude et la vallée de plissement située entre Belleydoux et le lac Genin. Plusieurs autres vallées et certaines crêtes lui sont également parallèles. On peut remarquer encore, comme une coïncidence très-précise, qu'il traverse la grande vallée de déchirement de Nantua, précisément au coude qu'elle présente entre les deux lacs qui lui donnent un caractère tout spécial.

Le *bissecteur* DH sort du Jura un peu au S.-O. de Saint-Rambert, pour s'adapter à la direction particulière que prend le Rhône au-dessous de Saint-Sorlin. Il coupe, sur le bord même du fleuve, entre Saint-Vulbas et Hières, le *trapézoédrique* Tla du système du Morbihan, et, côtoyant l'escarpement jurassique qui renferme les grottes de la Balme, ainsi que la lisière de mollasse miocène qui en borde le pied, il traverse la protubérance de roches primitives sur laquelle s'appuie le terrain jurassique au N. de la Verpillière, et coupe au S.-O. de cette ville la pointe extrême de la protubérance jurassique qui contient les mines de fer concédées.

Traversant ensuite les dépôts pliocènes à lignites des plaines dauphinoises, il va passer le Rhône à 1 kilomètre au-dessous du pont de Serrières, dans une inflexion où il rencontre à peu près perpendiculairement le cours du fleuve.

Abordant alors les granites du Forez, il passe à 2 kilomètres à l'E.-S.-E. d'Annonay, coupe la Dieume au confluent de l'Alignon, le Doux à la rencontre de l'un de ses affluents, et traverse l'Égrieux à la porte de Saint-Martin-de-Valamas, dans une inflexion très-prononcée comprise entre deux confluents rapprochés. Bientôt après il rencontre, au pied occidental de la montagne granitique de la Baricaude, située au midi de Sagnes, le *diamétral* Dac du système du Forez; mais, quoique dans cette partie il rase le pied S.-E. du Mézenc, il évite presque complétement les roches volcaniques et ne touche que deux petits lambeaux basaltiques.

Notre cercle, s'engageant de plus en plus dans les régions montagneuses où il s'adapte toujours à des accidents de détail dont l'énumération serait trop longue, va effleurer vers l'E. la masse de granite porphyroïde à gros grains de la Lozère, où il passe près de la source du Tarn, en laissant à 1 kilomètre environ dans l'O.-N.-O. la cime culminante, le roc de Malpertus, élevé de 1679 mètres.

Au pied oriental de la Lozère, il laisse dans le S.-S.-E. plusieurs mines importantes de plomb argentifère, celles de Villefort à 3 kilomètres, celles de Vialas à 8 kilomètres, et quelques autres, ainsi que des mines d'antimoine, à des distances plus ou moins grandes. Coupant ensuite les pointes orientales extrêmes des plateaux calcaires de l'Aveyron en même temps que les premiers affluents des Gardons, il suit très-approximativement la crête des Cévennes, où il s'adapte au noyau fondamental de granite porphyroïde, en laissant à 2 kilomètres dans l'E.-S.-E. la cime culminante, l'Hort-de-Dieu, élevé de 1564 mètres.

Continuant son cours au S.-S.-O., notre *bissecteur* DH coupe encore, par une de ces principales sommités, la zone de granites porphyroïdes qui passe au N. du Vigan, et il sort enfin des terrains anciens des Cévennes en s'adaptant avec précision, au N.-O. d'Alzon, à la limite respective du granite et du schiste.

Traversant ensuite le détroit terrestre par lequel les terrains jurassiques de l'Aveyron se lient à ceux du département de l'Hérault, il y franchit le cours supérieur de cette rivière à l'O. de Luc, dans l'une de ses principales inflexions. Après avoir coupé le petit plateau basaltique sur lequel s'élève la tour de Pertus, il rentre dans les terrains anciens pour couper la rivière d'Orb à un confluent, situé au point où elle entre dans un relèvement granitique dont notre cercle touche le contour.

Ce même cercle, après avoir coupé l'angle S.-E. du terrain houiller de Graissessac, traverse entre deux masses granitiques une portion de terrain schisteux, où il coupe la Mare avec précision, dans un confluent où cette rivière et son affluent se contournent fortement. Il traverse enfin la zone de lias de Bédarieux en s'adaptant à l'une des principales inflexions de son contour, et rentre encore, près des limites d'une masse granitique, sur le terrain schisteux où il s'harmonise avec l'orographie. Après avoir trouvé ainsi des repères précis dans un labyrinthe compliqué, dont la description exigerait presque un mémoire, il va enfin passer au sommet de la montagne schisteuse située au N.-N.-O. de Saint-Chinian, où il rencontre simultanément l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron et l'*hexatétraédrique* HaTT*a*.

Dans la plaine tertiaire où il entre immédiatement après, notre *bissecteur* traverse l'Aude à l'une de ses principales inflexions, et, abordant les Corbières à Moux, il va couper au S.-O. de la Grasse, sur l'une de leurs principales sommités, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée.

Se dirigeant enfin vers les Pyrénées, il y entre en s'adaptant d'une manière précise aux contours compliqués que présentent, près de Puylaurens, les limites du granite et du terrain crétacé inférieur. Il s'adapte aussi à la haute vallée de la Guelte, passe à la pointe des terrains schisteux qui s'étendent vers la vallée d'Andorre, et, franchissant enfin la crête granitique de la frontière, près de la source de l'Aude, il des-

n Espagne à Livia. Il y passe au point de concours de
torrents qui, prenant naissance sur les terrains anciens,
gent vers le centre du bassin de lignites modernes au-
ette ville donne son nom.

inuant son cours en Espagne, où il coupe à l'O. de
le *diagonal* 16 du système du mont Serrat, notre cercle
é bientôt dans les parties de la Catalogne où M. Vézian
uvert le type fondamental du système du mont Seny,
associé dès l'abord à notre *bissecteur* DH.

s avons remarqué déjà que ce cercle rencontre, dans
ties du globe extérieures à la France dont la topogra-
st bien connue, des points de repère très-précis. Cette
que, d'après ce qui précède, s'applique encore mieux à
nce elle-même. Nous disions aussi que, si le *bissecteur*
gèrement écarté de ces repères par un petit mouvement
né à tout le réseau pentagonal, il ne trouverait pas de
également remarquables pour les remplacer, et serait
à des banalités sans caractère.

serait de même en France si on l'écartait des cimes
oche d'Or, de la Lozère, des Cévennes et de beaucoup
s points que nous avons cités, et l'on peut dire qu'il a
onné par la nature avec une rigueur toute particulière,
lui permettra, lors de la fixation définitive du réseau,
très-légers mouvements.

étonnera peut-être au premier abord, dit l'auteur du
t dans ses réflexions générales sur le contenu de la
me partie, que, parmi les repères des cercles du réseau
onal que la nature a réalisés, j'ai mentionné aussi sou-
s accidents des cours d'eau, tels que leurs inflexions,
coudes, leurs confluents. L'étude des cercles, tracés
e bonne carte hydrographique, y conduit d'elle-même,
ne parait au fond plus naturel. Tout annonce, en
que les vallées sont dues à des fissures du sol élargies
s érosions superficielles. Astraction faite des méandres,
t le cachet indélébile de l'action des eaux en mouve-
quand une vallée change de direction, cela vient de ce
ès avoir suivi une fissure elle en suit une autre qui
la première, et, quand deux vallées se rencontrent et
nt lieu à un confluent de rivières, cela provient aussi,
cipe, de la rencontre de deux fissures. Or, les fissures
ivent les vallées font partie d'un plexus de fentes qui,
haque contrée, traversent en différents sens l'écorce
re, et dont la disposition est en rapport avec le réseau
onal : il est peu étonnant que leurs rencontres s'opè-
équemment sur les cercles du réseau aussi bien que
rs parallèles. Les centres éruptifs se trouvent de
aux points de rencontre de certaines fissures que
distingue des précédentes. Les sources ordinaires ali-
s par les phénomènes atmosphériques, les accidents
rs d'eau extérieurs, les sources minérales et thermales,
ns métallifères, les sources intermittentes de terres
ées (*Volcans*, Humboldt), et les masses de roches ra-
par la chaleur, profitent aujourd'hui sous nos yeux,
profité dans tous les temps, d'un même réseau de fis-
dont les intersections comprennent les points qui ser-
repères aux cercles du réseau pentagonal.

ne rappeler ici qu'un seul exemple, le confluent de
d, la première section de la vallée de l'Aisne, la grande
e d'Ancy-le-Franc et les granites du Port-la-Glère et
-d'Oo sont (page 337), pour le *trapézoédrique Tabc* du
du Longmynd, des repères d'une égale netteté ; je me trompe, les trois points hydrographiques sont des repères beaucoup plus précis que ne peut l'être le gros massif granitique qui forme le cœur des Pyrénées.

Les positions des villes d'une certaine importance et celles des grands ouvrages des hommes sont en partie soumises aux mêmes lois. Le tout forme un ensemble extrêmement compliqué ; mais le propre du réseau pentagonal est de mettre sur la voie de ce qu'il y a de simple au milieu de cette complication ; et, qu'on me permette de le dire, il n'a pas moins fallu que l'étude prolongée de cinquante-neuf cercles pour me donner, à moi-même, la confiance que m'inspire aujourd'hui cet ordre d'idées.

Peut-être trouvera-t-on un jour que la propriété dont jouissent les accidents hydrographiques, les centres de soulèvement, les volcans, les pitons de roches hypogènes, de former indistinctement et tous ensemble de *longs chapelets*, qui marquent par points certains grands cercles de la sphère terrestre, fournit un puissant argument à l'appui de l'hypothèse qui, pour me servir des expressions de l'illustre auteur du *Cosmos*, leur assigne une origine commune, due aux *effets exercés par l'intérieur d'une planète en fusion sur son enveloppe oxydée, dans les différents stades de son refroidissement.*

La cinquième partie du rapport comprend les *applications de la stratigraphie*, représentée par le réseau pentagonal, *à la topographie, à la distribution des substances minérales et à la structure intérieure des gîtes métallifères* sur laquelle MM. Rivot et Moissonnet ont publié naguère de très-importants mémoires que continue dignement celui que MM. Michel Lévy et J. Choulette viennent d'insérer dans les Annales des mines, *Sur les filons de Puzibram et Mies, en Bohême* (*Annales des mines*, 6ᵉ série, t. XV, p. 129, 1869).

ÉLIE DE BEAUMONT,
Sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur au Collége de France et à l'École des mines.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

X

Résumé de la théorie physiologique de l'anesthésie. — Action du chloroforme sur les sécrétions et la circulation. — Mécanisme de la mort par le chloroforme ; moyens de la combattre. — Anesthésie locale par l'électricité et le bromure de potassium.

Nous avons fait plusieurs digressions dans la théorie physiologique de l'anesthésie, bien que nous nous occupions surtout ici de la pratique expérimentale, et que nous considérions principalement les agents anesthésiques comme des moyens contentifs physiologiques destinés à maintenir les animaux immobiles pendant la durée des expériences. Mais si le chirurgien peut se borner à étudier les modes d'application

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332 et 346, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars, 10, 17 et 24 avril, et 1ᵉʳ mai 1869, et les numéros indiqués à la note de renvoi, page 98.

d'une substance, ses indications ou ses contre-indications, le point de vue du physiologiste doit être différent, et il ne doit jamais oublier la théorie, même quand il fait de la pratique. Son but est la théorie, et il ne fait de la pratique que pour y arriver. Nous allons aujourd'hui résumer, en les réunissant, les principaux résultats auxquels nous ont conduit ces recherches théoriques; et nous poursuivrons ensuite notre but en abordant l'étude d'autres substances capables également de servir de moyens de contention physiologique.

Voici quels sont ces résultats à peu près dans l'ordre où nous les avons examinés :

1° L'agent anesthésique est une substance volatile qui doit pénétrer dans le sang, chez les animaux supérieurs, par les surfaces respiratoires. Comme elle est éminemment absorbable, elle y pénètre très-vite : dès le début de l'inhalation, on trouve du chloroforme dans le sang, n'y eût-il eu encore qu'une seule inspiration. Le sang, où cette substance a ainsi pénétré par les poumons, lui sert de véhicule pour la conduire aux centres nerveux sur lesquels porte son action : cette opinion déjà émise, nous l'avons corroborée par des expériences démonstratives. Nous avons montré de plus que, dans les centres nerveux, l'anesthésie ne s'accompagnait pas de congestion, comme on le croyait autrefois, mais au contraire d'anémie relative, ainsi que cela a été soutenu depuis quelques années en Angleterre et en Amérique.

2° Les centres nerveux sont-ils atteints tous en même temps par l'action du chloroforme? Non, le cerveau est pris le premier. On perd d'abord la conscience du moi, la connaissance des faits extérieurs. La moelle épinière n'est atteinte que plus tard, et l'on peut même distinguer plusieurs périodes dans l'action du chloroforme sur ce centre nerveux. Au commencement de l'action anesthésique, les mouvements réflexes ayant leur centre dans la moelle épinière continuent encore à se produire; ils sont même plus énergiques et plus rapides. Puis la moelle est atteinte, et les mouvements réflexes s'éteignent; mais, à ce moment, les mouvements de totalité, c'est-à-dire ces mouvements qui seraient des mouvements volontaires si l'animal n'avait pas perdu tout d'abord la conscience, persistent encore quelque temps. Mais ils finissent par s'arrêter aussi, et l'animal tombe dans le collapsus, le relâchement musculaire complet; il devient immobile comme un cadavre.

Le cerveau est donc atteint le premier par l'influence du chloroforme, et l'on peut même dire qu'il semble anesthésier la moelle épinière et les nerfs qui en émanent. Nous rappelons qu'en liant l'aorte avec toutes les parties molles, sauf la moelle, et en anesthésiant le train antérieur, on voit l'influence anesthésique se produire dans les parties inférieures qui ne recevaient pas de chloroforme.

Nous avons montré en outre qu'en faisant agir le chloroforme seulement sur la partie inférieure de la moelle épinière, et en préservant la partie supérieure et le cerveau par une ligature qui arrête le sang chloroformé, l'anesthésie se produit bien dans la région de la moelle directement atteinte, mais elle ne remonte pas vers les centres nerveux supérieurs.

Voilà le fait qui est certain. Maintenant comment l'expliquer? Il faut toujours distinguer soigneusement les faits des interprétations qu'on leur donne, en physiologie surtout, où les expériences sont très-complexes. Sur les interprétations, les avis pourront différer, et doivent changer à mesure que

nos connaissances s'accroissent ; mais les faits bien o
restent immuables. On doit donc d'abord bien s'enten
les faits et sur leurs conditions d'existence ; autremen
clair qu'on ne pourrait pas discuter utilement sur leu
cation et qu'on ne pourrait jamais se joindre puisqu'o
rait sur des faits différents.

Vous avez vu les faits qui sont très-simples et très
Quant à l'explication, je l'ai cherchée dans une actio
thésiante que le cerveau exercerait sur la moelle é
sans que celle-ci ait besoin de subir l'action du chlor
On m'a objecté que la transmission de l'anesthésie d
veau à la partie inférieure de la moelle épinière
s'expliquer simplement par le transport du chlorofor
même à l'aide des artères médullaires, que la ligature
brasse pas. Au contraire, si c'est le train inférieur qu
le chloroforme, celui-ci ne peut pas être transporté
train antérieur par la circulation veineuse que la lig
interceptée.

J'ai déjà discuté cette objection dans la dernière s
mais elle est assez difficile à écarter tout à fait, car il f
pour cela enlever complétement les artères du systèm
veux central. Remarquons cependant que si l'on fait un
ture d'un membre postérieur, la circulation cérébro-
ne peut plus la dépasser pour porter au delà le chloro
et cependant l'anesthésie se produit très-bien dans le
par une simple influence de la moelle sur eux, et sans
chloroforme les atteigne directement dans leurs partie
phériques. Dans ce cas au moins, il faut bien que l'an
sie se propage par influence, et il y a là un argument
logie tiré du sens général de la propagation des action
tives.

3° Un autre fait que je crois avoir bien mis en lu
c'est que, si l'action anesthésique commence par le ce
et si elle débute pour chaque nerf sur la cellule se
médullaire, l'insensibilité n'en commence pas moins t
contraire à l'autre extrémité, au bout périphériqu
choses se passent comme dans la mort naturelle par so
tion du sang : l'élément nerveux perd ses propriétés pa
trémité opposée à celle où il est atteint. La même loi s'
que au nerf moteur avec cette différence que, pour celui-
rapports physiologiques sont renversés, et c'est l'extr
périphérique qui doit être attaquée, au lieu de l'ext
centrale. L'agent anesthésique exerce donc sur le nerf
tif une action qui se lie essentiellement à ses prop
physiologiques et qui peut servir à le distinguer d
moteur.

4° Les faits précédents, qui se rattachent à la théori
siologique de l'anesthésie, entraînent certaines conséqu
au point de vue de l'application pratique du chlorofor
de l'éther. De ce que l'agent anesthésique est une sub
volatile, il en résulte qu'il faut chez les animaux supé
le donner par les poumons, qui l'introduisent direct
dans le sang artériel ; or, nous savons que la présen
chloroforme dans le sang est indispensable pour qu'il
sur les centres nerveux. Mais, dira-t-on, n'entrerait-
aussi dans le sang si on l'administrait par le canal intes
Oui, sans doute ; seulement, ce serait dans le sang ve
et c'est dans le sang artériel qu'il doit agir. Or, avant d'a
dre la circulation artérielle, il devrait alors passer par le
mon où il s'exhalerait.

Du reste, les médecins emploient depuis longtemp

éthérées ou chloroformées, et savent très-bien qu'elles
rment pas ; tandis que, dès avant la découverte de
hésie, on avait eu plusieurs fois l'occasion de remarquer
inhalations de ces substances faisaient tomber dans la
(voyez leçon V, page 259, à la note, numéro du
s 1869) ; on a seulement remarqué ces effets plus tard,
la vulgarisation rapide de l'anesthésie chirurgicale
pelé l'attention sur ces faits, dont on ne comprenait pas
vant le sens véritable et l'intérêt. Du reste, ce que
enons de dire des agents anesthésique est vrai de
les substances volatiles qu'on veut faire agir sur
isme, à moins qu'elles ne soient relativement peu vola-
omme l'alcool, de manière à traverser, en partie au
les poumons, au lieu de s'y exhaler en totalité, comme
les corps très-volatils.

nécessité d'administrer les agents anesthésiques par
umons est regrettable. Le chloroforme irrite la mu-
du larynx et les nerfs sensitifs très-délicats qui se dis-
nt dans ces parties ; il en résulte des mouvements con-
et des phénomènes d'asphyxie, souvent une suffocation,
efois même la mort. On éviterait ces complications et
cidents en introduisant directement le chloroforme
a trachée. Mais ces procédés ne sont plus des moyens
ués dans la chirurgie humaine.

les animaux, on emploie divers modes d'administra-
ui se ramènent en définitive à l'inhalation. Chez les
illes, et en général chez les animaux à sang froid, des
ons particulières permettent d'administrer le chloro-
ou l'éther par la peau ; mais cela ne constitue au fond
différence essentielle, il y a seulement une modifica-
rticulière de mécanisme. Les grenouilles respirent au
autant par la peau que par les poumons, et, le chloro-
une fois entré par la peau, la circulation et la respira-
ulmonaire étant très-peu actives ne suffisent pas à l'éli-
immédiatement.

ndant, si l'on faisait pour la première fois une expé-
comparative en injectant une solution de chloroforme
tissu cellulaire sous-cutané chez des oiseaux et chez
enouilles, on pourrait très-bien en conclure qu'il y a
rt grande différence entre ces deux classes d'animaux
nt de vue de l'action du chloroforme, puisqu'on produi-
nesthésie dans un cas, tandis qu'on n'obtiendrait aucun
ans l'autre. Vous avez vu, par d'autres expériences,
n une telle conclusion, qui semblerait fort naturelle,
pourtant fautive ; on se serait laissé tromper sur l'es-
du phénomène par un accident de mécanisme. Telle
ur le dire en passant, l'origine de bien des erreurs
si souvent commises lorsqu'on a cru pouvoir attribuer
me corps des actions de nature diverse sur divers ani-

près avoir montré comment se produisait l'anesthésie,
ons maintenant quel est l'état physiologique d'un ani-
esthésié. Il lui manque un de ses éléments histolo-
l'élément nerveux sensitif, pas d'une manière absolue
rte, car alors il mourrait bientôt sans retour, mais du
partiellement, et dans une limite variable selon l'in-
de l'anesthésie. Ce sont d'abord les extrémités péri-
ues des nerfs sensitifs qui deviennent insensibles. Alors
que l'animal est anesthésié, parce qu'il ne sent plus
sions de la peau. Cependant les troncs nerveux pos-
encore la sensibilité, et si l'on voulait opérer sur eux, on croirait que l'animal n'est pas anesthésié. On voit combien il faut être réservé dans l'emploi des mots et ne s'attacher qu'aux faits. Tout est relatif à la période de l'anesthésie. Seulement quand on connaît le mécanisme ou la théorie du phénomène, on peut en suivre et en comprendre toutes les phases. Voilà pourquoi nous cherchons à constituer les théories physiologiques, parce qu'en science, c'est toujours la théorie qui règle la pratique ; autrement, on ne fait que de l'empirisme.

Maintenant quelle influence exerce sur les fonctions de l'organisme la suppression de l'élément nerveux sensitif? Nous ne pouvons pas suivre cette influence dans tous ses détails, car il faudrait tout un semestre au moins pour étudier cette question. Nous essayerons du moins de donner quelques indications.

Et d'abord quelle influence l'anesthésie exerce-t-elle sur les sécrétions ? On a dit que les sécrétions étaient excitées ou accrues par les agents anesthésiques ; on l'a dit particulièrement pour la sécrétion de la salive. Le fait est exact, mais il faut savoir comment il se produit. Il n'y a point là un résultat de l'action anesthésique ; par elle-même, c'est tout simplement une action locale du chloroforme, et l'on obtiendrait le même effet avec du vinaigre.

On peut du reste établir directement que l'augmentation de la salive se rattache à une action locale du chloroforme. Pour cela, nous avons, chez un chien non anesthésié, mis à nu et ouvert le canal excréteur de la glande salivaire sous-maxillaire ; puis nous y avons adapté un petit tube afin de voir couler la salive sécrétée et de pouvoir au besoin la recueillir. Alors nous placions sur la langue du chien quelques gouttes d'une solution de chloroforme, et nous voyions aussitôt la glande sous-maxillaire sécréter beaucoup plus abondamment de la salive. Il n'en est pas de même quand on anesthésie l'animal par la trachée.

Les nerfs moteurs ne sont aucunement affectés par le chloroforme ; cela est extrêmement facile à constater sur des grenouilles complétement anesthésiées, leurs nerfs moteurs ont conservé toute leur excitabilité, tandis que les nerfs sensitifs l'ont perdue.

Cette conservation des nerfs moteurs s'observe aussi bien pour les nerfs du grand sympathique que pour ceux qui font partie du système cérébro-spinal.

On prend un chien complétement anesthésié par le chloroforme ; la sécrétion salivaire ne pourrait pas être augmentée en irritant les nerfs sensitifs de la langue par un des moyens ordinairement employés, tels que le vinaigre ou un courant électrique, puisque les extrémités périphériques de ces nerfs sensitifs ont perdu pour le moment leurs propriétés sous l'influence du chloroforme. Mais si l'on irrite la corde du tympan, nerf moteur qui se rend à la glande salivaire sous-maxillaire, on provoque aussitôt la production de la sécrétion salivaire ou son augmentation. Le nerf moteur a donc bien conservé ses fonctions.

La circulation est affectée d'une manière très-notable par les agents anesthésiques, et, lorsqu'on veut l'étudier, il faut bien se garder d'employer le chloroforme ou l'éther comme moyen contentif du sujet de l'expérience, car on modifierait beaucoup ainsi la marche normale des phénomènes. Cet effet se rattache probablement à une action du chloroforme sur les mouvements du cœur. Chez les grenouilles qui ont reçu

beaucoup de chloroforme, on voit très-bien la circulation capillaire et même le cœur s'arrêter tout à fait.

Lorsqu'on administre le chloroforme à dose toxique, il y a toujours, comme avec une dose modérée, action sur l'élément nerveux sensitif; mais il semble qu'il y ait encore autre chose de plus. En effet, quand l'animal meurt, le cœur est arrêté; on a constaté le même fait chez l'homme dans les accidents mortels qui surviennent quelquefois par suite de l'anesthésie. Cet arrêt du cœur suffit pour expliquer la mort; mais on ne voit pas comment il peut résulter de la suppression de l'élément nerveux sensitif.

On ne peut pas dire non plus qu'il soit la conséquence d'une asphyxie et de l'arrêt de la respiration dont les mouvements sont commandés par un centre nerveux placé dans le bulbe, qui est précisément la partie du système nerveux perdant la dernière ses propriétés sensitives sous l'influence du chloroforme. Souvent, en effet, il se produit encore deux ou trois mouvements respiratoires après l'arrêt du cœur, et, si l'on fait immédiatement l'autopsie, on trouve du sang rouge dans le cœur gauche et du sang noir dans le cœur droit seulement. Cela prouve bien que, dans la mort par l'anesthésie, l'arrêt de la respiration n'est pas la cause de la mort, mais un phénomène consécutif. Jamais, d'ailleurs, dans les véritables cas d'asphyxie, on ne voit l'arrêt du cœur se produire comme phénomène initial, avant l'arrêt de la respiration. L'explication de l'action mortelle du chloroforme par une simple asphyxie ne paraît donc pas admissible.

Pourrait-on conjecturer, à cause de cette duplicité au moins apparente d'action physiologique, que le chloroforme est lui-même une substance formée de deux agents, l'un qui aurait des propriétés anesthésiques, et l'autre qui serait un poison du cœur?

Cette hypothèse n'est pas aussi invraisemblable qu'on le croirait au premier abord. Des corps bien étudiés par les chimistes, et dont la formule est parfaitement fixée, ont été dédoublés en agents différents. M. Pasteur a distingué deux acides tartriques, l'acide tartrique droit et l'acide tartrique gauche, parfaitement isomères et capables de se combiner ensemble, dont l'un fermente dans des conditions où l'autre ne fermente pas. M. A. Gautier a, je crois, montré de même que l'éther cyanhydrique pouvait se décomposer en deux corps isomères ayant des propriétés toxiques fort différentes.

Des médecins et certains physiologistes ont aussi admis, dans les substances actives sur l'organisme, deux ordres d'effets: l'un médicamenteux, l'autre toxique. L'effet anesthésique du chloroforme serait dû à sa propriété médicamenteuse, et l'action sur le cœur résulterait de son effet toxique. Mais ce ne sont là que des hypothèses qui montrent que nous sommes encore dans une ignorance complète sur ces questions.

Quand l'animal anesthésié semble menacé de subir l'effet toxique du chloroforme, le moyen le plus efficace pour combattre l'accident serait la respiration artificielle: en effet, pour éviter la mort, il s'agit de maintenir ou de rétablir la circulation, qui permettrait l'élimination du chloroforme du sang. Mais la respiration n'a aucun résultat utile quand le cœur est arrêté. En effet, la première condition pour que la respiration artificielle puisse être pratiquée, c'est que les battements du cœur ne soient point arrêtés. On a indiqué, pour ranimer les battements du cœur et faire reparaître la respiration, les aspersions d'eau froide; nous avons souvent réussi à faire revenir un animal anesthésié menacé de mort, en lui

appliquant une douche vigoureuse sur le museau et s
tête, dans la région où se distribuent les rameaux nerv
la cinquième paire. MM. Legros et Onimus emploient d
même but l'électricité sous forme de courants continus;
cela, ils placent les deux rhéophores, l'un dans la bou
l'autre dans le rectum, de manière que le flux élec
traverse le corps tout entier.

L'anesthésie locale serait souvent préférable à l'anes
générale, car, tout en rendant insensible la partie à o
elle permettrait d'éviter à coup sûr les accidents généra
peuvent avoir des conséquences si funestes. Nous avon
parlé des moyens employés à cet effet; nous ajouterons
ment qu'on a aussi proposé l'anesthésie électrique :
expérimentateurs se sont occupés de la question, mais l
tique ne peut guère en profiter qu'exceptionnellement.

Il y a une substance qui produit l'action locale d'une
nière assez singulière, c'est le bromure de potassium. M.
les Huette (de Montargis), a signalé ces effets intéressant
sa thèse inaugurale. Il a constaté que la sensibilité pa
lière de la luette disparaissait sous l'influence du brom
potassium, et il s'assura que quelques autres sensi
spéciales, surtout dans les muqueuses, s'éteignaient
ment. Le bromure de potassium permet d'éviter les sp
du col de la vessie; aussi l'a-t-on essayé pour la lith
dans les cas où l'irritation du col vésical était un obst
l'entrée de l'instrument.

Le bromure de potassium a été aussi beaucoup employ
le traitement de l'épilepsie.

D'autres personnes ont pu en donner jusqu'à 25 ou 30
mes par jour sans accident, mais je crois que 4 à 6 gra
suffisent parfaitement; et, d'après M. A. Voisin, la dose
médicament ne devient active et suffisante que si l'anes
spéciale s'est manifestée dans la gorge.

Maintenant quel est le mécanisme de cette anesthési
paraît affecter spécialement les membranes muqueuses
une question qui, parmi beaucoup d'autres sur le même
reste encore à étudier.

Institution royale de la Grande Bretagne

LECTURES DU VENDREDI SOIR

(à neuf heures du soir)

9 avril. — M. W. B. Carpentier (de la Société royale de Lon
La température et la vie animale dans les profondeurs de la mer

16 avril. — M. W. Carrutpers (du *British Museum*) : Les for
cryptogames pendant la période houillère.

23 avril. — M. E. B. Tylor : Sur la persistance des pensé
sauvages dans la civilisation moderne.

30 avril. — M. Robert H. Scott (du *Bureau météorologiqu*
travaux anciens et l'organisation actuelle du Bureau météorolog

7 mai. — M. le capitaine Moncrieff : Le système d'artillerie
crieff.

14 mai. — M. W. H. Perrin (de la Société royale de Londre
nouvelles matières colorantes artificielles.

21 mai. — M. H. C. Fleeming Jenkin (de la Société royale d
dres) : L'immersion et le relèvement des câbles sous-marins d
eaux profondes.

28 mars. — M. J. Normann Lockyer : Les récentes découver
la physique solaire faites au moyen du spectroscope.

4 juin. — M. W. Odling (de la Société royale de Londres) :
sujet de la conférence n'est pas encore déterminé.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillie

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2

······REVUE
DES
[C]OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[...]IÈME ANNÉE NUMÉRO 25 22 MAI 1869

Paris, 21 mai 1869.

[...]iral Paris a présenté à l'Académie des sciences le [...] et les plans d'un nouveau genre de navires cuirassés [...]imaginés. Les navires cuirassés actuels ont des mouve[...]de roulis qui les empêchent d'employer leurs canons [...]s mers modérées, et qui, à chaque roulis, découvrent [...]ne non cuirassée. Il en résulte de grands dangers pour [...]age. Au contraire, c'est un fait aujourd'hui reconnu [...] monitors, malheureusement peu propres à naviguer [...]ute mer, ont très-peu de roulis.

[...]iral Paris a cherché à se rendre compte des causes [...] propriété, pour en faire profiter les navires destinés [...]ute mer. Rendre le monitor aussi sûr à la mer que les [...] navires, et en faire une habitation salubre afin de [...]as forcé de changer souvent l'équipage, tel est le pro[...]qu'il s'est proposé de résoudre. Il est arrivé à combiner [...]rte de navire plat, bas et large comme un monitor, sur [...] serait établi un navire étroit, mais aussi élevé sur [...]ue celui de construction ordinaire. En plaçant les [...]s au-dessus, le feu de leurs canons se trouve aussi [...] sur tout l'horizon que celui des monitors.

[...]ouveaux navires auraient, paraît-il, jusqu'à huit fois [...]ité des anciens.

[...] proposé la construction en fer, dit M. Paris, parce [...] seule est assez solide pour résister à une forte impul[...] [...]'elle est durable et plus sûre contre les projectiles, à [...]les tôles intérieures qui ont été ajoutées, en Angle[...] [...] des navires de bois. J'ai adopté les hélices jumelles, [...]u'elles seules conviennent aux petits tirants d'eau des [...] proposés, qui offrent l'avantage de passer des détroits [...]trer dans des ports interdits aux navires calant $8^m,50$, [...]s, et même au delà. Les mats en trépied du capitaine [...]ont aussi préférables en ce qu'ils dégagent l'horizon [...] que les six grands filets de haubans, et qu'en cas de [...]ils n'exposent pas les ailes de l'hélice à enrouler des [...] Enfin l'artillerie en tourelles est préférable à celle en [...], en ce qu'elle agit dans tous les sens, ne présente les [...]res du sabord qu'au moment de tirer et permet au [...]de se placer obliquement pour augmenter l'épaisseur [...]uirasse en raison du sinus de l'angle du choc des pro[...]; tandis que le navire à batterie ne peut se servir de [...]ons sans faire arriver les boulets normalement à sa [...] et sans présenter l'ouverture maximum de ses sa[...] On a dit qu'il n'y avait pas de cuirassés à l'abri des [...] actuels : cela est vrai dans les expériences; mais, en pratique, il est probable qu'il en sera au moins comme jadis, où les affaires duraient longtemps, bien que le boulet perçât en expérience plus de $1^m,30$ de bois de chêne, et que la plus forte épaisseur des vaisseaux n'était que de $0^m,80$, tandis que les batteries hautes n'avaient que $0^m,30$.

» Reste à dire pourquoi de si grands navires pour si peu de canons. C'est le sort commun, parce que la cuirasse est le plus grand poids à transporter, qu'elle augmente avec le navire, qui, plus lourd à traîner, exige une machine plus forte et brûlant plus de charbon. Toutes ces causes réagissent l'une sur l'autre et amènent à des navires de 90 mètres de long, pesant 10 millions de kilogrammes, coûtant certainement autant de francs et ne portant que quatre canons de chaque bord, en batterie comme l'*Hercules*, ou en tourelles comme le *Monark*, et cela sans avoir les ponts ni le gouvernail protégés, comme les monitors et comme les navires proposés dont les détails se trouvent portés sur les tableaux suivants. »

— On se souvient des controverses soulevées devant l'Académie des sciences, sur l'influence délétère des poêles de fonte, accusés de produire la fièvre typhoïde ou d'autres maladies par l'oxyde de carbone qu'ils laissaient diffuser (voyez notre tome V, pages 136 et 215, 25 janvier et 29 février 1868). M. le général Morin vient de présenter, au nom de la commission instituée pour éclaircir ce point par des expériences convenables, un rapport définitif qui conclut :

« 1° Qu'outre les inconvénients immédiats et graves qu'ils présentent, par la facilité avec laquelle tous les poêles de métal ordinaires atteignent fréquemment la température rouge, les poêles de fonte, élevés à celle du rouge sombre, déterminent, dans les lieux où ils sont placés, le développement d'une proportion notable, mais très-variable, selon les circonstances, d'oxyde de carbone, gaz éminemment toxique;

» 2° Qu'un développement analogue peut se produire, mais à un degré moindre, avec les poêles de fer élevés à la température rouge ;

» 3° Que dans des locaux chauffés avec des poêles de fonte ou de fer, l'acide carbonique naturellement contenu dans l'air et celui qui est produit par la respiration des individus qui y séjournent peuvent être décomposés, et donner aussi lieu à un développement d'oxyde de carbone;

» 4° Que l'oxyde de carbone, dont la présence a été constatée, lorsqu'on s'est servi de poêles de fonte, peut provenir de plusieurs origines différentes et parfois concourantes, savoir :

» La perméabilité de la fonte par ce gaz, qui passerait de l'intérieur du foyer à l'extérieur ;

» L'action directe de l'oxygène de l'air sur le carbone de la fonte, chauffée au rouge ;

» La décomposition de l'acide carbonique contenu dans l'air par son contact avec le métal chauffé au rouge;

» L'influence des poussières organiques naturellement contenues dans l'air;

» 5° Que les effets observés dans une salle inhabitée, éclairée par quatre fenêtres, et ayant deux portes, dont l'une était fréquemment ouverte, seraient plus sensibles et plus graves encore dans des locaux ordinaires d'habitation dépourvus de ventilation, par suite de la présence et de la décomposition des poussières organiques de tous genres qui existent.

» 6° Qu'en conséquence, les poêles et les appareils de chauffage de fonte et même ceux de fer, sans garnitures intérieures de briques réfractaires ou autres matières, qui les empêcheraient d'atteindre la chaleur rouge, sont d'un usage dangereux pour la santé.

—M. Eugène Pelouze a envoyé à l'Académie des sciences un travail sur la solubilité du soufre dans les huiles de houille qui présente un véritable intérêt industriel, parce qu'il tend à donner une certaine valeur à des résidus aujourd'hui sans emploi. Voici un résumé de ce travail :

Les huiles de houille qu'on obtient en distillant les goudrons des usines à gaz ne dissolvent, à la température ordinaire, qu'une très-faible proportion de soufre, environ 2 pour 100, tandis que, lorsqu'on se rapproche de leur point d'ébullition, elles peuvent en dissoudre près de moitié de leur poids.

Ainsi, avec une huile pesant 26°,5, d'une densité de 0,885, distillant de 146 à 200°, on a dissous :

A une température de 15°....	2^{gr},3 de soufre p. 100.	
A une température de 40°....	5,6	—
A une température de 65°....	10,6	—
A une température de 100°....	25,0	—
A une température de 110°.....	30,3	—
A une température de 130°.....	43,2	—

Aussitôt que la température s'abaisse, le soufre se précipite à l'état cristallin, en sorte que, par exemple, ayant dissous, à 130°, 43^{gr},2 de soufre, si l'on refroidit à 15°, température à laquelle l'huile n'en dissout que 2^{gr},3, on a un dépôt de 43,2 — 2,3 = 40^{gr},9 de soufre en cristaux, dans un liquide qui, successivement chauffé et refroidi, peut dissoudre et déposer de nouvelles quantités de soufre.

Ces propriétés dissolvantes peuvent être utilisées pour l'extraction du soufre des vieilles matières, hors de service, de l'épuration des gaz à éclairage qui en contiennent jusqu'à 40 pour 100 et des solfatares pauvres. On emploie à cette opération les huiles lourdes clarifiées qui ne valent que 8 à 10 francs les 100 kilogr. et qu'on retrouve presque en totalité, si l'on opère au-dessous de leur point d'ébullition et en vases clos.

Ce procédé d'extraction du soufre, plus économique et moins dangereux que celui par le sulfure de carbone, est essayé déjà en grand à la Compagnie parisienne d'éclairage par le gaz, et les résultats obtenus sont très-satisfaisants.

FACULTÉ DES SCIENCES DE POITIERS

M. CH. CONTEJEAN

Des classifications et des méthodes

Classer des êtres ou des objets quelconques, c'est les ranger dans un ordre déterminé, d'après leurs caractères. Les classifications sont dites *artificielles*, quand elles reposent sur un nombre limité de caractères auxquels est attribuée une valeur arbitraire; *naturelles*, quand elles reposent sur le plus grand nombre possible de caractères, à chacun desquels est attribuée sa valeur réelle. Les premières ont reçu le nom de *systèmes*, et les secondes le nom de *méthodes*.

La plus simple et la plus logique des classifications artificielles, c'est, évidemment, la disposition par ordre alphabétique. Ici, en effet, point d'exceptions, point d'erreurs possibles. Mais, comme elle suppose la connaissance préalable du nom des objets classés, on l'a depuis longtemps abandonnée en histoire naturelle, et l'on cherche toujours à déterminer le nom des objets en s'aidant des artifices de la classification elle-même.

Le système d'Adanson peut être considéré comme le type des classifications artificielles. Son illustre auteur distingue chez les plantes jusqu'à soixante-cinq caractères différents, à chacun desquels il accorde une importance égale; puis il rapproche ou il éloigne les objets suivant le nombre plus ou moins grand de ces caractères qu'ils possèdent en commun. Pour montrer à quel point une telle classification est contre nature, il suffit de citer les noms des quatre dernières classes ou familles des cinquante-huit établies par Adanson. Elles viennent dans l'ordre suivant : les Renoncules, les Arum, les Pins et les Mousses.

Le système sexuel de Linné se rapproche davantage de la méthode naturelle, car on y observe déjà une certaine subordination des caractères. Par exemple, ceux que fournit la présence ou l'absence d'étamines et de pistils priment les caractères tirés des divers modes d'union et de suture de ces organes; ces derniers l'emportent sur les caractères tirés du nombre et de la dimension relative des étamines; enfin, le nombre des étamines détermine les classes, et celui des pistils détermine les ordres.

Je ne rappelle que pour mémoire le système dichotomique de Lamarck, très-commode pour arriver à la dénomination d'une plante, mais qui n'est pas une classification.

C'est à A.-L. de Jussieu que revient le mérite d'avoir proclamé le principe de la méthode naturelle. Sa gloire a été contestée par suite du vice de raisonnement qui consiste à imputer à la méthode elle-même les imperfections résultant de son emploi fautif, mais l'honneur de la découverte appartient évidemment à celui qui a dit le premier : Les caractères doivent être pesés et non pas comptés. Malgré son admirable sagacité, A.-L. de Jussieu n'a pas réussi à appliquer d'une manière absolument satisfaisante les lois qu'il a promulguées, et c'est ce qui a donné lieu aux attaques dont il fut l'objet; attaques d'autant plus injustes, que des principes fort importants ont été trouvés après lui, et que la méthode se perfectionne chaque jour. Dans les mains de ses successeurs, les classifications botaniques ont en effet subi des modifications incessantes et quelquefois heureuses, mais elles laisseront encore longtemps à désirer. Il en est de même en toute espèce de matière : les classifications suivent toujours les progrès de la science.

Les difficultés contre lesquelles doit lutter le classificateur tiennent, d'une part, à la nature même des choses, et d'autre part, à l'imperfection fatale de nos procédés graphiques. C'est ce que je prouverai au moyen d'exemples pris indifféremment dans les deux règnes organiques. Je les choisirai dans la nature vivante, et, autant que possible, dans les groupes supérieurs des animaux et des végétaux, afin de ne citer que des faits bien connus et à peu près incontestables.

Pour entrer en matière, je supposerai que nous ayons à classer des êtres ou des objets quelconques. Le résultat définitif nécessite au moins deux opérations distinctes. La première consiste à réunir tous les objets qui se ressemblent et à

mer autant de groupes ou catégories qu'il y a d'espèces ntes dans ces objets. Cette opération achevée, les êtres ets sur lesquels a porté le travail se trouvent répartis en s composés chacun des objets qui ont entre eux cer- ressemblances, ou, en d'autres termes, qui possèdent ractères communs. Le cas échéant, ces groupes, que pposons de valeur pareille, seront subdivisés en groupes xième, de troisième, de quatrième ordre, etc., com- pour chaque ordre, d'objets de même importance. Le e des objets réunis dans chacun de ces groupes peut beaucoup et même descendre à l'unité. La seconde opé- consiste à disposer et à coordonner tous les groupes, de re qu'ils soient rapprochés ou éloignés suivant le degré ogie ou de dissemblance des objets qu'ils renferment. te façon, tous les rapports seraient exprimés, toutes les s satisfaites, et la conception théorique que je viens isser offrirait l'image d'une classification absolument ochable.

, en réalité, les choses ne se passent pas ainsi, et les opérations présentent des difficultés d'exécution dont ncipales doivent être signalées.

e qui concerne l'établissement des groupes et de leurs isions, on peut affirmer qu'*il est souvent difficile et même ible de délimiter les groupes de même ordre.* Cela tient à ce que leurs caractères sont plus ou moins tran- ar si les représentants moyens d'un groupe quelconque ciles à distinguer de leurs analogues d'un groupe voi- rrive souvent qu'aux points de contact, les deux grou- ssent de l'un à l'autre par une atténuation et une fusion lles des caractères. Les exemples suivants montrent que culté existe à tous les degrés.

n effet, les *embranchements* sont assez nettement cir- its, il n'en est pas de même de leurs subdivisions. Par le, la *classe* des Reptiles passe à celle des Poissons par nédiaire des Batraciens, qui commencent par être des s portant en eux le germe de reptiles, si l'on peut dire t qui deviennent peu à peu des reptiles à divers degrés, nt au grand jour les transformations organiques qui nt ailleurs pendant la vie embryonnaire. Tous, en effet, rivés d'allantoïde, comme les poissons, dont ils ont la forme, et tous commencent à respirer au moyen de ies. Les uns (Anoures, Salamandres), arrivés à l'état ne gardent pas de traces de leurs états antérieurs et vrais reptiles; d'autres (Amphiumes), un peu moins , conservent les orifices branchiaux ; d'autres (Protées,) ont à la fois des poumons et des branchies; enfin, le iren, chez qui le système branchial prédomine, est si ement intermédiaire entre les Reptiles et les Poissons, naturalistes ne savent quelle place lui assigner. On nc se demander où est la limite entre les Batraciens et ssons, et si cette limite existe. Même incertitude au s Reptiles et des Batraciens, le groupe éteint des La- odontes possédant également les caractères des deux à chacune desquelles il a été attribué. Le passage ptiles aux Poissons est donc insensible (1).

temps rapportés aux Insectes, les Myriopodes ont été par Leach en classe distincte; mais ils retourneront peut-être aux Insectes, dont ils ne diffèrent en rien d'essentiel, et auxquels ils sont rattachés par certains Thysanoures, notamment les Lépismes. De même que les Marsupiaux, et surtout les Monotrèmes, établissent un passage des Mammifères aux Oiseaux, de même les Myriopodes peuvent être considérés comme intermédiaires entre les Insectes, les Annélides, les Crustacés et même un peu les Arachnides. Ils sont moins insectes que les Didelphes ne sont mammifères; mais comment délimiter la classe des Insectes?

Les Annelides passent si graduellement aux Helminthes, qu'on est loin de s'entendre sur la question de savoir si ces deux groupes doivent être séparés ou réunis, et s'ils constituent ensemble un sous-embranchement ou une classe, ou bien s'ils forment isolément une classe ou une sous-classe chacun.

Il en est des *ordres* comme des classes. Chez les Reptiles vivants, les Chéloniens se distinguent fort bien des Sauriens et des Ophidiens, mais la limite entre ces deux derniers ordres devient plus incertaine. Les Sauriens, en effet, passent insensiblement aux Ophidiens par l'allongement du corps, la disparition ou l'atrophie des membres et par des modifications graduelles des organes de la respiration; de sorte qu'il n'y a plus guère que la structure de la bouche et le grand développement des os mastoïdiens qui distinguent les Serpents des Orvets.

Ce que je dis des classes et des ordres s'applique également aux *familles*, aux *tribus* et à toutes les divisions de moindre importance. Chacun sait à quel point les ouvrages descriptifs d'ornithologie, d'entomologie, de malacologie, de botanique sont parfois laborieux à consulter, tant leurs auteurs diffèrent sur la façon de traiter les genres et les espèces. En botanique, par exemple, les *genres* sont établis d'une manière si peu précise dans les familles des Crucifères, des Légumineuses, des Ombellifères, des Composées, des Orchidées, des Graminées, etc., qu'on ne trouverait certainement pas deux flores et même deux catalogues où la nomenclature fût exactement pareille. L'anarchie est encore plus grande en ce qui concerne les *espèces :* rien de plus mal défini que la plupart de celles des genres *Thalictrum*, *Viola*, *Polygala*, *Rosa*, *Rubus*, *Sedum*, *Galium*, *Centaurea*, *Hieracium*, *Mentha*, etc., etc. Le même vague existe à l'autre extrémité de la hiérarchie, et les *règnes* eux-mêmes ne sont pas mieux délimités : chaque jour la botanique fait de nouvelles conquêtes sur la zoologie dans le domaine des infiniment petits.

Le défaut de précision ne résulte pas seulement des passages plus ou moins nombreux, plus ou moins insensibles, qui rendent souvent difficile ou impossible l'établissement d'une limite entre deux groupes contigus de même ordre; il a fréquemment pour cause des relations manifestes et souvent intimes entre des groupes appartenant à des séries fort éloignées, et quelquefois aussi l'insuffisance des caractères distinctifs. A l'exemple déjà cité des Myriopodes, qui participent des Insectes, des Crustacés, des Annélides, j'ajouterai ceux que fournissent les divers groupes d'insectes relégués par beaucoup de naturalistes comme une sorte de *caput mortuum*, à la fin de la classe, dans l'ordre des Aptères. Tous présentent des caractères d'infériorité (yeux simples, absence d'ailes, etc.) qui les rapprochent des larves et des Articulés les plus dégradés. Les uns ont de l'analogie avec les Diptères, les autres avec les Hémiptères, les autres avec les Myriopodes ou les Arachnides; mais tous les groupes de cet ensemble disparate sont assez mal caractérisés pour embarrasser longtemps encore les clas-

---

r le passage des Reptiles aux Oiseaux, voyez une conférence de y dans notre tome V, page 761, 31 octobre 1868.

sificateurs, qui en ont fait tour à tour des genres, des tribus, des familles et même des ordres et des sous-classes. Pareille incertitude a longtemps régné et règne encore sur la vraie place des Bryozoaires, des Tuniciers, des Cirripèdes, des Tardigrades, des Rotateurs et d'autres groupes plus ou moins ambigus. L'insuffisance des caractères rend également difficile le classement des Oiseaux, extrêmement nombreux, réunis dans l'ordre artificiel des Passereaux, où l'on a déversé tout ce qui n'est pas Oiseau de proie, Gallinacé, Échassier ou Palmipède.

Une autre conséquence de ce qui précède, c'est que *les groupes ou divisions de même degré, et partant de même nom, sont de valeur inégale*, et que, réciproquement, *il est impossible d'établir des groupes de même degré ayant tous la même importance.* Telle classe, tel ordre..., tel genre, telle espèce, valent plus ou moins que tels ou tels autres.

Ainsi, les *classes* des Batraciens, des Myriopodes, des Ptéropodes, des Cirripèdes, etc., n'ont pas l'importance de celles des Oiseaux, des Poissons, des Insectes, des Céphalopodes, des Lamellibranches, etc. L'*ordre* des Insectivores n'est pas comparable à celui des Carnivores. Les *familles* des Roussettes et des Chauves-Souris, qui composent l'ordre des Chiroptères, sont mieux caractérisées que celles qu'on peut établir dans les ordres des Rongeurs ou des Carnivores. Le grand *genre* des Chats, comprenant les Guépards, les Lynx et les Chats proprement dits, a plus de valeur que le genre Ours ; si, au contraire, on érigeait en genres les trois subdivisions des Chats, des Lynx et des Guépards, chacune d'elles vaudrait moins que le genre Ours.

Il en est de même en botanique. Les trop nombreuses espèces de *Thalictrum* nommées *Th. nigricans* DC., *Th. Bauhini* Crtz, *Th. rufinerve* Lej., *Th. lucidum* L., *Th. simplex* L., *Th. laserpitifolium* Willd., *Th. medium* Jacq., *Th. galioides* Nestl., etc., ne sont que la monnaie d'espèces mieux caractérisées, telles que *Th. aquilegifolium* L., etc. Les *Iberis Violleti* Soy. W., *I. Boppardiensis* Jord., *I. Prostii* Soy. W., *I. Durandi* Lor. et Dur., *I. Contejeani* Bill., ont une pareille infériorité relativement aux *I. saxatilis* L., *I. amara* L., par exemple. Même dissemblance entre les *Veronica agrestis* L., *V. polita* Fries, *V. opaca* Fries, *V. anagalloides* Guss., et les *V. officinalis* L., *V. Beccabunga* L. ; entre les *Juncus obtusiflorus* Ehrh., *J. silvaticus* Reich., *J. lamprocarpus* Ehrh., *J. alpinus* Vill. et les *J. squarrosus* L., *J. bufonius* L. Le *Carex flava* L., *C. lepidocarpa* Tausch., *C. Œderi* Ehrh., considérés comme espèces, ne valent pas le *C. maxima* L., ou le *C. leporina* L., non plus que les *Glyceria fluitans* R. Br. et *G. plicata* Fries n'égalent le *G. spectabilis* M. K. On comprend que je pourrais multiplier les exemples à l'infini.

Mais une objection me sera infailliblement adressée. On dira : Les groupes institués par les naturalistes ne sont pas l'expression exacte de la réalité : ainsi, les ordres, les genres, etc., ont été multipliés outre mesure : un grand nombre d'espèces (*Viola tricolor* L., *Draba verna* L., *Rosa canina* L., *Rubus fruticosus* L., etc., etc.) ont été démembrées contre nature, de sorte qu'il faut attribuer à César ce qui appartient à César, et rendre certains auteurs modernes responsables de la confusion qu'ils ont eux-mêmes introduite dans la science. Je répondrai que l'objection est fondée, mais qu'elle n'infirme en rien mes conclusions. Il importe peu que les naturalistes aient fait de mauvais groupes : le désaccord même qui règne entre eux est un argument de plus en faveur de ma thèse, et contribue à prouver la proposition que j'avais en vue de faire ressortir, savoir, qu'à tous les degrés de rarchie, il est impossible d'établir des groupes de m leur et nettement délimités. Toutes les nuances signa les auteurs existent dans la nature, et bien d'autres qui leur ont échappé et qu'on découvre chaque jou précisément, la difficulté de caractériser ce qui est v de séparer des objets réunis par une foule de moyens

Il en résulte que *les mots employés pour désigner les et les divisions en histoire naturelle n'ont pas la sign précise et invariable qu'on leur assigne habituellement, présentent seulement des approximations.* On sait qu'en ces mots sont rangés dans l'ordre suivant, d'après l d'importance des groupes qu'ils servent à dénommer *embranchement, classe, ordre, famille, tribu, genre,* En botanique, il y a plus de variété, et partant m précision : ce qui est famille ou tribu pour l'un dev dre ou classe pour un autre, et ainsi de suite. Dans cas, on peut encore indiquer des nuances intermédia l'intercalation de la particule *sous* ; on dit : un *sous-o* *sous-genre*, etc. Évidemment, cette nomenclature n blie que pour exprimer la hiérarchie des groupes d sions à tous les degrés, et pour indiquer l'importance de chacun d'eux, afin qu'au seul énoncé d'un de ses on se représente immédiatement la place qu'il occupe série. Aucun des mots usités ne désigne des qualités butions spéciales du groupe qu'il sert à dénommer, le contraire ait été soutenu ; et si l'on a pu dire ave que le mot *embranchement* évoque l'idée de plan de ture, le mot *règne* celle de mode d'existence, etc., pas moins vrai qu'au point de vue des classifications, *embranchement* ne signifie qu'une division du règne, *classe* une division de l'embranchement, le mot *or* division de la classe, et ainsi de suite.

Considérée uniquement à ce dernier point de vue, gré toutes les nuances qu'elle comporte, la nomencla usage laisse dans un oubli complet certains groupes sition intermédiaires à divers degrés entre deux groupes du même nom. Ainsi les Cheiromys, qui ont les caractères des Singes et ceux des Rongeurs, ne être rapportés à aucun de ces deux ordres, et const eux seuls un groupe de transition particulier. Mais co animaux qui le composent sont demi-quadrumanes rongeurs, le groupe des Cheiromys n'a que la moi valeur d'un ordre, sans être un sous-ordre ni une fam pourrait l'appeler *demi-ordre*. Il en est de même de taires et des Flamants, parfaitement intermédiaires, miers entre l'ordre des Rapaces et celui des Échass seconds entre l'ordre des Échassiers et celui des Paln Les Paresseux se rapprochent peut-être plus des Éde des Primates, mais ils n'en forment pas moins une intermédiaire. A un degré plus élevé dans la hiérarc pourrait considérer comme une *demi-classe* les Lepi demi-reptiles et demi-poissons à leur état parfait. Le ciens eux-mêmes sont plutôt une demi-classe qu'un véritable. Je n'ai pas besoin de faire remarquer à qu est défectueux le procédé qui consiste à intercaler même dans un groupe ou dans un autre des objets réc intermédiaires. Une telle manière d'agir justifie l'acc adressée aux naturalistes d'établir une barrière où la a mis un passage.

D'autres fois les subdivisions sont tellement nomb

ıanque de termes pour les exprimer toutes. Ainsi la es Crustacés, la sous-classe des Mammifères monodel-t beaucoup d'ordres des Oiseaux, des Poissons, des ides, des Crustacés, des Mollusques, etc., peuvent être et subdivisés presque à l'infini.

ɔit que la nomenclature actuelle ne se plie pas à toutes ences, et qu'elle est notoirement insuffisante. J'ajoute est fatalement insuffisante, car la variabilité n'admet limites, et jamais on n'inventera assez de termes pour uire toutes les nuances. Une infinité de groupes sont par à peu près. Tout essai ayant pour but d'améliorer de choses ne ferait que surcharger la mémoire sans à la précision désirable, car on ne peut renfermer es cadres rigoureusement circonscrits ce qui échappe mesure exacte. Est-ce à dire que la nomenclature doive être abandonnée? Non, assurément. On ne brise instrument imparfait qui ne peut être remplacé, mais rche à en tirer le meilleur parti possible. En dépit de ıêmes, et, si l'on veut, contre nature, nous éprouvons in de classer et de hiérarchiser tout ce qui nous en-Vient-on à signaler une plante nouvelle, aussitôt nous s savoir à quel genre, à quelle famille elle appartient; indications sommaires nous instruisent à peu près au-l'une longue et minutieuse description. Malgré ses dé-la nomenclature actuelle sera toujours en usage, mais rester entendu qu'elle ne donne que des approxima-

crois avoir montré qu'une partie de la tâche du classifi-, savoir l'établissement des groupes ou divisions de tous grés, rencontre des difficultés parfois insurmontables nature même des choses. Il me reste à prouver que ficultés se trouvent singulièrement compliquées par rfection fatale de nos procédés graphiques. C'est prin-nent en ce qui concerne la disposition dans un ordre nt naturel des groupes supposés établis que cet in-ient devient manifeste.

ffet, le seul moyen que nous puissions employer pour rer et ranger les groupes ou termes quelconques d'un ble dans nos livres ou sur nos tableaux, c'est de les à la suite les uns des autres en une série linéaire. Mais e linéaire n'existe point dans la nature. Sans traiter ment de chimérique la conception des Bonnet et des de ille, puisqu'on peut toujours imaginer une gradation nple au composé, et que d'ailleurs il y a des animaux et gétaux plus ou moins parfaits que d'autres, nous ne de-lus admettre, dans l'état actuel de la science, que les forment une suite continue dont les lacunes pourraient omblées, au moins par la pensée. Pour que la série exis-faudrait que les derniers représentants de chaque e fussent plus parfaits que les premiers du groupe sui-ce qui n'est pas.

en effet, nous considérons les *règnes*, nous ne voyons pas x animaux les plus simples succèdent les végétaux les levés pour continuer la série : c'est au contraire par représentants les plus dégradés que se touchent les règnes, qui se perfectionnent chacun en sens inverse, se tournant le dos, si j'osais ainsi m'exprimer. Les ani-et les plantes forment, par conséquent, deux groupes itement indépendants.

ce qui concerne les *embranchements*, le génie de Cuvier uvé d'une manière irréfutable qu'ils sont établis sur des plans tout à fait distincts, et que, partant, le règne animal se trouve divisé en un certain nombre de groupes primaires n'offrant entre eux que des contrastes et ne pouvant constituer une série. Ainsi, les Insectes ont certainement une organisation plus élevée que les derniers représentants des Vertébrés, notamment les Poissons cyclostomes; les Mollusques céphalopodes l'emportent de beaucoup sur certains Crustacés et sur les Articulés inférieurs, Vers et Helminthes, et ces derniers, de même que les Mollusques bryozoaires, restent au-dessous des Échinodermes et des Rayonnés supérieurs. Il est donc impossible de souder bout à bout les embranchements pour en faire une série unique, puisqu'ils empiètent les uns sur les autres par leurs extrémités. Au lieu de les figurer au moyen d'une seule ligne formée de cinq parties d'inégale longueur, on doit les représenter par cinq lignes droites verticales et parallèles. Celles des Articulés et des Mollusques commencent à peu près au même niveau, un peu au-dessus du point où se termine la ligne des Vertébrés; elles s'arrêtent également presque à la même hauteur, au-dessous du point où commence la ligne des Rayonnés, à laquelle succède, mais à un niveau inférieur sur toute son étendue, la ligne des Amorphozoaires. En botanique, les anciens embranchements des Monocotylédones et des Dicotylédones forment deux groupes parallèles commençant et finissant presque aux mêmes points.

La série unique n'existe pas toujours non plus pour les divisions de moindre importance. On ne peut pas dire que les Mammifères discoplacentaires soient au-dessus ou au-dessous des zonoplacentaires et des polyplacentaires; car si les premiers renferment les modèles les plus élevés de la classe, ils en montrent de plus dégradés que le second groupe. On ne peut affirmer davantage que, chez les Insectes, les ordres des Hyménoptères ou des Névroptères, par exemple, l'emportent sur ceux des Lépidoptères ou des Coléoptères, ou qu'ils leur soient inférieurs. Il serait facile de multiplier les citations et de descendre encore dans la hiérarchie des groupes; mais je dois m'arrêter, espérant avoir suffisamment établi que *les êtres organisés ne forment pas une série linéaire unique.*

Cependant *on observe à tous les degrés des séries linéaires plus ou moins étendues, plus ou moins complètes.* Les groupes ou les termes qui les composent s'échelonnent de manière que les deux extrêmes sont réunis par un nombre variable de moyennes plus ou moins équidistantes, comme dans une progression arithmétique. Ainsi, les végétaux monocotylédonés forment une série dont les principaux termes se succèdent comme il suit en allant du simple au composé : Naïadées, Pistiacées, Aroïdées, Pandanées, Restiacées, Palmiers, Liliacées, Broméliacées, Musacées, Orchidées. Les Batraciens constituent également une série dont j'ai déjà indiqué les membres les plus importants. Les Mammifères Primates se rattachent aux Insectivores par une suite de dégradations partant de l'Homme, et passant par les Singes anthropomorphes, les Pithéciens, les Cébiens, les Ouistitis et les Lémuriens. Ces exemples suffiront.

Tantôt les séries sont plus ou moins isolées dans l'ensemble dont elles font partie, tantôt elles correspondent entre elles terme à terme. On peut alors les rapprocher et les disposer parallèlement les unes à côté des autres, de manière que leurs termes analogues soient écrits sur une même ligne horizontale. Les premières sont appelées *séries isolées*, et les secondes *séries parallèles*. Voici quelques exemples de celles-ci. Les

Reptiles et les Batraciens forment deux séries parallèles dans lesquelles les Labyrinthodontes et les Anoures correspondent horizontalement aux Chéloniens, les Salamandres aux Lézards, les Protées et les Sirènes aux Chalcidiens et aux Scincoïdiens, les Cécilies aux Ophidiens. Dans le règne végétal, les Monocotylédones comprennent les deux séries parallèles des Périspermées et des Apérispermées. Plus bas dans la hiérarchie, on distingue très-bien, dans le groupe des Dicotylédones monopétales, une série formée par les Borraginées, les Labiées et quelques familles voisines, et une autre formée par les Solanées et les Personnées : les genres *Borrago*, *Symphytum*, *Echium*, *Verbena*, *Mentha*, *Stachys*, etc., de la première, sont placés vis-à-vis des genres *Solanum*, *Nicotiana*, *Hyoscyamus*, *Veronica*, *Gratiola*, *Antirrhinum*, etc., de la seconde.

Il existe de même des *groupes isolés* et des *groupes parallèles*. Les uns et les autres sont des ensembles dont les termes ne constituent pas une progression comme dans les séries. Les premiers n'ont que des relations indirectes et éloignées avec d'autres groupes ou d'autres séries; les seconds sont formés de termes qui correspondent à ceux de groupes semblables. On peut toujours disposer les groupes parallèles, comme les séries de même nom, de manière que les termes homologues se trouvent sur la même ligne horizontale. Aussi a-t-on confondu, sans grands inconvénients, sous la dénomination commune de séries parallèles, les séries et les groupes parallèles, dont la distinction n'est d'ailleurs pas toujours facile, et qui passent souvent de l'un à l'autre. Comme exemple de groupes parallèles, je citerai les Mammifères monodelphes et les Mammifères didelphes, dont les ordres, qui ne sont pas disposés en séries, se correspondent de façon qu'il y a des deux côtés des Carnivores, des Insectivores, des Rongeurs, des Herbivores, des Édentés. Les ordres des Rongeurs et des Insectivores fournissent un autre exemple extrêmement remarquable de deux groupes parallèles. Il en est de même, en botanique, du groupe formé par les familles des Smilacées, des Asparagées, des Gillésiacées, des Liliacées, des Pontédériacées, d'une part, et par les familles des Dioscorées, des Hypoxidées, des Amaryllidées, des Taccacées et des Narcissées, d'autre part. Comme exemple de groupe isolé, j'indiquerai la singulière famille des Rudistes, qui n'a que des affinités indirectes avec les Chames et les Brachiopodes, et qui offre le spectacle unique de Mollusques pleuroconques sans charnière ni ligament, dont la petite valve se soulève à la manière d'un clapet.

Outre les séries et les groupes isolés ou parallèles, il existe encore des *types isolés* n'ayant que des analogies lointaines avec les êtres ou les groupes dont ils se rapprochent le plus. Tels sont les Galéopithèques, qui tiennent à la fois, mais d'assez loin, aux Singes, aux Lémuriens, aux Insectivores, aux Chiroptères et aux Rongeurs à membranes latérales ; tel est encore l'Amphioxus, qui appartient aux Vertébrés par le plan de structure, mais qui rappelle les Mollusques par la forme et les habitudes, les Zoophytes et même les Infusoires par le mode de nutrition.

L'ensemble d'un règne se compose donc, à tous les degrés : 1° de séries et de groupes parallèles, 2° de séries et de groupes isolés, 3° de types isolés. Comment disposer ces types, ces groupes, ces séries, de manière à satisfaire toutes les affinités et à se rapprocher, autant que possible, d'une classification vraiment naturelle et irréprochable? C'est ici peut-être la partie du problème la plus ardue.

Il faut d'abord renoncer à l'idée de constituer du tout une série unique ; car on ne peut additionner et réunir dans un même ensemble des choses disparates, et je crois avoir prouvé que si l'on observe, à tous les degrés de la hiérarchie, des séries linéaires d'importance diverse, on ne saurait les considérer comme les tronçons d'une même chaîne à laquelle il manquerait des anneaux. Ce serait une grande illusion de penser que la paléontologie est appelée à combler un jour les lacunes. Certes, nous lui devons des découvertes utiles et nous en attendons encore d'importantes, mais toutes les adjonctions aux genres, aux ordres, aux classes, etc., rentrent dans les types connus, et les nouveaux venus sont construits sur les mêmes modèles que leurs analogues de la nature vivante. Rien ne fait entrevoir qu'il y ait jamais de moyens termes entre les embranchements, dont le plan de structure est totalement différent, ainsi qu'il a été dit. En ce qui concerne les classes et les groupes de moindre importance, on observe plus de tendance à la fusion, et nous en avons vu un exemple remarquable entre les Reptiles et les Poissons ; cependant, pour la plupart, ces groupes demeurent ce qu'ils étaient, sans que leurs limites gagnent ou perdent de leur précision actuelle. D'ailleurs, la nature vivante nous montre des transitions aussi caractéristiques et aussi instructives que celles des créations antérieures. Si un grand nombre de familles et de genres des Carnassiers, des Herbivores, des Mollusques, des Zoophytes, ont reçu de la paléontologie de précieuses adjonctions établissant entre les divisions d'ordre inférieur des relations plus multipliées ; si même des ordres éteints de Reptiles et de Poissons ont été reconstitués, on ne reconnaît pas, à notre point de vue, ce que la science a pu gagner à la découverte de l'Archéoptéryx, des Dinosauriens, des Ichthyosaures, des Ptérodactyles, des Labyrinthodontes, des Poissons dévoniens cuirassés, des Trilobites, puisque les Galéopithèques, l'Amphioxus, le Lepidosiren, les Batraciens, les Monotrèmes, les Cheiromys, le Daman, le Cryptoprocte, etc., indiquent des transitions au moins aussi considérables. Je n'ai pas besoin de faire remarquer à quel point seraient fragiles les espérances reposant sur des découvertes futures, et combien est erronée la manière de raisonner qui consiste à dire : Si l'on n'a pas encore trouvé, on trouvera. Certes, il reste encore beaucoup de choses à découvrir, mais l'expérience du passé indique ce qu'on doit attendre de l'avenir. En matière de classification, la paléontologie ne nous a rien appris que nous ne connussions déjà, et très-vraisemblablement les découvertes futures ne répondront pas plus à l'attente des partisans de la série continue qu'à celle de l'illustre propagateur de la doctrine de la transformation des espèces. La paléontologie est donc moins un aide qu'un embarras, puisqu'elle ne fait qu'augmenter le travail et les complications, sans ouvrir aucun aperçu réellement nouveau.

Mais si la conception d'une série générale est une illusion théorique, nous savons qu'il existe çà et là des séries et des groupes parallèles. Au lieu de s'étendre sur une ligne verticale unique, les divers éléments d'un ensemble peuvent donc s'étaler sur une surface plane. Les groupes et les séries parallèles prennent place les uns à côté des autres, de manière que leurs termes homologues se trouvent sur la même ligne horizontale, chaque série formant d'ailleurs une colonne verticale dans laquelle les termes se succèdent du simple au composé. Les séries et les groupes qui ne sont point parallèles entre eux se succèdent également sur la verticale,

iple au composé, et les types isolés sont intercalés dans nble selon leurs affinités. La situation en haut ou en droite ou à gauche, indique la supériorité ou l'infério- uivant les conventions. Telle est, en peu de mots, la mé- de classement par séries parallèles, dont Is. Geoffroy Hilaire a fait de si heureux emplois. Au fond, ce n'est manière particulière de disposer les séries linéaires; elle se rapproche davantage de la nature, en ce sens permet d'exprimer les *rapports collatéraux*. J'appelle eux qui existent entre les termes placés sur la même horizontale et appartenant à des groupes ou à des séries èles différentes. Je réserve le nom de *rapports directs* à qui unissent un terme quelconque d'une série à celui précède et à celui qui vient après, et le nom de *rap- divergents* à ceux qu'on observe parfois entre des termes à des hauteurs différentes dans des séries parallèles, ou ttachent des types isolés à divers types, groupes ou séries u moins dissemblables. Ainsi, dans la série des Prima- s Cébiens ont des rapports directs avec les Pithéciens et es Ouistitis; dans les deux groupes parallèles des Insec- s et des Rongeurs, les Hérissons ont des rapports colla- avec les Coendous, les Macroscélides avec les Gerboises, smans avec les Ondatras, etc.; l'Amphioxus a des rap- livergents avec les Vertébrés, les Mollusques et les Zoo- .

la méthode est impuissante à exprimer les rapports ents, et tous les essais dirigés dans ce sens n'ont abouti ugmenter la confusion, déjà très-grande, à laquelle on infailliblement quand on veut figurer sur un même u toutes les séries reconnues dans un ensemble un peu érable. Cette multiplicité de relations avait été pres- par Linné, qui s'exprime ainsi : « *Plantæ omnes utrinque tatem monstrant, uti territorium in mappa geographica.* » mal est sans remède, et le classificateur se voit réduit à aler çà et là, le moins imparfaitement possible, au mi- les séries, les groupes et les types isolés, sacrifiant les rts lointains pour indiquer seulement les plus directs et s intimes. En disposant les séries sur les faces et dans leur d'un parallélipipède ou de tout autre solide, on as certain de faire évanouir les difficultés, et d'ailleurs l procédé, aussi impuissant que les autres à mettre en les rapports divergents, sort des limites de l'appli- .

seul reproche fondé qu'on puisse adresser à la méthode ries parallèles, c'est à la fois son insuffisance à tout ex- r et son aptitude à reproduire des rapports très-nom- , d'où résulte la confusion. D'autres objections parais- bsolument dénuées de fondement. On a dit que cette ode, en multipliant les divisions, rend presque inutile nenclature usuelle. Par exemple, dans une classification lammifères que j'ai proposée ailleurs, les deux groupes èles des Monodelphes et des Didelphes doivent porter le le sous-classes; mais comment appeler les groupes des lelphes quadrupèdes et des Monodelphes pisciformes, oupes des Quadrupèdes homodontes et des Quadrupèdes odontes, les groupes des Hétérodontes normaux et des odontes rongeurs, qui tous viennent s'échelonner entre s-*classe* des Monodelphes et les *ordres* dont elle est com- ? quel nom donner aux trois groupes horizontaux des , Zono- et Polyplacentaires? Je répondrai qu'il importe peu, que l'essentiel est d'exprimer le plus grand nombre possible de rapports et de nuances, et pour le reste je renverrai aux paragraphes ci-dessus relatifs à la nomenclature. Une autre objection consiste à dire que la méthode renverse les bases de cette nomenclature, et substitue l'anarchie à la régularité en plaçant les demi-ordres, par exemple, sur le même pied que les ordres véritables, dont ils usurpent ainsi l'importance. Et, de fait, si l'arrangement des Mammifères en séries parallèles permet d'exprimer la double nature des Cheiromys et des Paresseux, en rattachant les premiers aux Primates et aux Rongeurs, et les seconds aux Primates et aux Édentés, il n'est pas moins vrai que les deux anciens ordres des Rongeurs et des Édentés se trouvent dédoublés, et que deux demi-ordres représentés, l'un (Cheiromys) par un seul genre, et l'autre (Paresseux) par deux seulement, figurent sur la même ligne et portent le même nom que les ordres infiniment plus nombreux et plus importants des Primates, des Carnivores, des Ongulés. A cela je n'ai rien à répondre, sinon que la faute (si faute il y a) en est à la nomenclature, impuissante à tout exprimer. Il ne dépend pas du classificateur de modifier la nature des choses, et il est obligé d'accepter les types intermédiaires ou isolés aussi bien que les séries et les groupes homogènes, heureux s'il peut réussir à leur assigner leur véritable place. L'objection tirée de la force numérique des groupes, valable au plus quand il s'agit de classifications artificielles, ne doit pas être prise en considération dans les méthodes naturelles, où le titre et le poids l'emportent sur le nombre et les masses compactes. La seule chose à ambitionner, c'est d'exprimer le plus clairement possible ce qui existe, sans se préoccuper de donner aux divisions une régularité et une symétrie qu'on ne trouve pas dans la nature, et sans s'inquiéter davantage du nom à assigner à telle ou telle division.

Malgré ses défauts, la méthode des séries parallèles l'emporte sur toutes les autres, puisqu'elle donne la facilité de représenter des rapports plus nombreux. Elle est d'un excellent emploi quand on sait s'arrêter, dans les détails, au point où commencerait la confusion. C'est la seule qui réponde aux besoins actuels de la science, et il n'y a pas d'apparence qu'elle soit jamais remplacée par une plus satisfaisante. Elle est d'ailleurs en rapport avec la nature même de notre esprit, fatalement limité et incapable de tout comprendre, malgré ses aspirations à tout connaître. Nous demandons le dernier mot des choses, et c'est à peine s'il nous est permis d'en balbutier le premier; nous voulons savoir le pourquoi, et tout au plus nous arrivons à entrevoir le comment. Certaine sagesse consiste, dit-on, à se résigner à ce qu'on ne peut empêcher. Si, en morale, le précepte laisse à désirer, il est presque irréprochable en histoire naturelle : longtemps encore nous nous contenterons de classifications imparfaites.

CH. CONTEJEAN.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XI

L'opium et ses principaux alcaloïdes

Dans l'ordre des substances que nous devons examiner comme moyens contentifs physiologiques pour les animaux en expérience, nous arrivons maintenant à l'opium, que nous considérerons surtout à ce point de vue pratique, mais ici encore nous serons obligés d'examiner l'action physiologique de la substance active que nous employons.

L'opium est un principe extrait du pavot, mais dont la composition est fort complexe, et par suite assez variable. Nous allons donc caractériser tout de suite les différentes substances qu'il contient, car, dans nos études de médecine expérimentale, nous devons nous efforcer avant tout d'opérer avec des corps purs et parfaitement définis, de manière à pouvoir déterminer rigoureusement, d'une manière invariable, les effets qu'ils produisent sur l'organisme.

Aujourd'hui, du reste, la médecine pratique cherche également à remplacer, dans son manuel thérapeutique, les extraits par des substances définies ; et, quoique ce progrès soit encore loin d'être accompli d'une manière universelle, j'insiste sur cette heureuse tendance, parce que la première condition de tout progrès pour la médecine, c'est l'emploi de substances bien définies, qu'on puisse doser exactement, et dont il soit ainsi possible de mesurer les effets. Les extraits aqueux ou alcooliques sont toujours très-variables au point de vue de leur composition qualitative et quantitative, et par suite très-souvent infidèles dans leur action physiologique ou thérapeutique. Cela est vrai, même des extraits les mieux connus, et qu'on croit les plus constants, par exemple l'extrait de noix vomique.

J'ai eu occasion autrefois d'en avoir une preuve frappante, à propos d'un fait qui se passa dans le service de Trousseau, à l'hôpital Necker. Trousseau employait alors contre la chorée l'extrait de noix vomique à doses régulièrement croissantes. Les malades arrivaient ainsi à prendre des doses assez fortes sans en éprouver aucun effet fâcheux. Mais, un jour, tout à coup l'un d'eux manifesta tous les symptômes de l'empoisonnement par la strychnine (principe actif contenu dans l'extrait de noix vomique). Cependant la dose administrée ce jour-là ne différait pas de celle qui n'avait produit la veille aucun effet toxique ; on chercha quelle pouvait être la cause de cet accident, et l'on s'assura qu'il n'y avait eu aucune erreur dans l'administration du remède. Une seule circonstance nouvelle s'était présentée, c'est que le pot d'extrait de noix vomique employé dans la pharmacie de l'hôpital avait été épuisé la veille, et qu'il avait fallu en entamer un autre.

Trousseau, voulant savoir si cela tenait à la différence d'activité des deux extraits, fit prendre, dans les meilleures pharmacies de Paris, divers pots d'extraits de noix vomique, et il me pria alors de faire des expériences comparatives sur l'activité de ces divers extraits de noix vomique. J'opérai, avec des doses diluées, sur des grenouilles, qui sont très-sensibles à l'action de la strychnine, et je fus amené à constater que d'un pot d'extrait à un autre il y avait des différences notables ; je m'assurai que, dans certains cas, elles pouvaient être plus que du simple au double, et rendre raison, par conséquent, de l'accident survenu dans le service de Trousseau.

Cet exemple montre donc que l'emploi des extraits, particulièrement de ceux qui sont très-actifs, peut être dangereux en médecine. C'est pourquoi il faut chercher à séparer les substances actives que contiennent ces extraits, afin de les administrer : on opère alors sur des corps définis, et l'on peut ainsi être sûr de la dose qu'on donne. Les conditions des maladies et des expériences physiologiques sont déjà bien assez complexes et embrouillées ; il ne faut pas les compliquer encore volontairement par des incertitudes ou des indéterminations nouvelles du chef du médicament employé. Nous laisserons donc de côté l'extrait complexe qui constitue l'opium, pour opérer avec les substances définies qu'il contient.

On trouve dans l'opium un assez grand nombre de corps divers, généralement alcalins ou alcaloïdes ; six sont très-bien déterminés, mais il y en a, en outre, quelques autres encore mal définis, et dont, pour cette raison, les propriétés physiologiques n'ont pas été déterminées jusqu'ici. Voici la liste des six alcaloïdes principaux avec leur composition chimique :

Morphine..	$C^{34}H^{19}AzO^{6} + 2aq$
Codéine	$C^{36}H^{21}AzO^{6} + 2aq$
Thébaïne......................	$C^{38}H^{21}AzO^{6}$
Papavérine....................	$C^{40}H^{21}AzO^{8}$
Narcotine.....................	$C^{46}H^{25}AzO^{14}$
Narcéine......................	$C^{46}H^{29}AzO^{18}$

Dans ce tableau nous rangeons ces six alcaloïdes de l'opium suivant l'ordre qui met en évidence les rapports de leur composition chimique, sans avoir aucun égard à leurs propriétés physiologiques.

L'opium en masse est narcotique, c'est-à-dire qu'il amène un engourdissement analogue à celui du sommeil. Cependant, parmi les six alcaloïdes qui sont ses principaux principes actifs, trois seulement sont narcotiques, la morphine, la codéine et la narcéine. Les trois autres ne manifestent jamais aucune propriété narcotique, à quelque dose qu'on les administre.

Parmi ces trois dernières substances, la thébaïne est toxique et donne lieu à des espèces de convulsions. C'est surtout à la présence de ce corps que sont dues les propriétés spécialement toxiques de l'opium. En effet, l'opium n'est point particulièrement toxique par les substances narcotiques qu'il renferme. On peut déterminer la dose d'opium qui est toxique pour un certain animal ; et, si l'on donne ensuite à un animal semblable une dose égale de morphine, de codéine ou de narcéine, on constate que cette dose ne le tue pas du tout, bien qu'on opère ici avec des substances pures, tandis que l'opium contient beaucoup d'impuretés tout à fait inertes.

Il est évident que pour rendre les animaux immobiles pendant les expériences, ce n'est pas à un agent convulsivant que nous pouvons nous adresser. Parmi les six alcaloïdes de l'opium, on ne peut donc employer comme moyens contentifs physiologiques que les trois qui sont narcotiques. Mais ces trois substances narcotiques ne le sont pas également ni avec

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 346 et 381, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars, 10, 17 et 24 avril, 1er et 15 mai 1869, et les numéros indiqués à la note de renvoi, page 98.

s caractères. On croyait autrefois que la morphine lus énergique des trois ; mais j'ai montré, il y a cinq le premier rang, sous ce rapport, appartenait à la qui avait été très-peu étudiée jusque-là ; la morphine uite, et en troisième lieu la codéine, dont l'action est moins énergique.

narcéine, on obtient un sommeil profond et calme; ux ne sont pas excitables, et, quand l'action du nar- cessé, ils reviennent vite à leur état naturel.

morphine, le sommeil est moins profond, et les ani- t plus excitables, surtout au moment de leur réveil. nfluence narcotique proprement dite a pris fin, ils temps à reprendre leur état normal, quelquefois tre heures, si la dose a été forte; pendant ce temps, ir ahuris, se sauvent effarés quand on les approche, nent presque, tant le train postérieur est surbaissé. que des troubles intellectuels survivent chez eux purement narcotique.

omparer les effets de la morphine avec ceux de ne, j'ai fait autrefois une expérience comparative use sur deux jeunes chiens habitués à jouer en- L'un reçut 5 centigrammes d'une solution de rate de narcéine en injection sous-cutanée, l'autre rammes d'une solution de chlorhydrate de mor- galement concentrée, sous la même forme et dans les onditions. Quand il revint à lui, le chien qui avait a narcéine courut vers son camarade pour jouer avec celui-ci n'eut pas l'air de le reconnaître, et cela dura te une journée. Quand ils furent parfaitement re- s deux à l'état normal, je répétai l'expérience en la t, c'est-à-dire que le chien qui avait reçu d'abord rphine reçut cette fois de la narcéine, et *vice versâ*. es effets se produisirent encore, mais en sens inverse, ouve bien qu'ils ne tenaient pas à une disposition re des animaux expérimentés. Les résultats de cette ce sont très-nets.

homme, les effets de la narcéine sont semblables onstatés sur les animaux; ils ont été observés par ur lui-même, et par M. Béhier dans les hôpitaux. La e et l'opium, — où la morphine forme la majeure s substances actives, — produisent une céphalalgie plus intense que la narcéine. M. Debout, qui était r en chef d'un journal, m'a raconté qu'il ne pouvait e quand il était sous l'influence de cette action de la , tandis qu'avec une dose égale de narcéine, il con- liberté d'esprit, tout en éprouvant l'effet calmant stance.

éine endort beaucoup moins complétement que la et la morphine; le sommeil qu'elle produit est tou- s-léger. Aussi cette substance n'est-elle pas assez e pour être employée en physiologie; en médecine, ire, on l'administre très-souvent, mais il ne faut pas ue, si la codéine est moins narcotique, elle est de la plus toxique des trois alcaloïdes de l'opium dont ons maintenant.

pourrons donc employer pour nos expériences que alcaloïdes de l'opium, la narcéine et la morphine. orphine qui nous servira le plus souvent, non pas la préférions, mais parce qu'elle est plus commode er, plus usuelle et moins chère. Aujourd'hui encore z difficile de se procurer de la bonne narcéine, parce que l'opium en contient très-peu, de sorte qu'il faut opérer sur une très-grande masse d'opium pour obtenir une quantité un peu notable de narcéine.

Plus tard cette substance sera, sans doute, mieux appréciée, et sa fabrication se développera. Divers médecins l'ont essayée et s'en sont fort bien trouvés, surtout chez les enfants. Du reste, nous n'avons encore sur tout cela que des commencements de travaux qu'il faudra poursuivre, et l'on pourra ainsi établir des indications pour employer l'une ou l'autre substance, suivant les cas.

Des six substances que nous avons énumérées dans l'opium, les trois non narcotiques (thébaïne, papavérine, narcotine) sont toutes les trois convulsivantes, mais à des degrés divers. La thébaïne est celle qui l'est le plus : 5 centigrammes injectés dans les veines suffisent pour tuer un chien. La papavérine produit des effets analogues, mais plus faibles; je l'ai, du reste, assez peu étudiée, à cause de la difficulté qu'on éprouve à se la procurer. Enfin, la narcotine aussi est convulsivante, mais encore à un moindre degré. Ce sujet exige d'ailleurs de nouvelles études, et nous le reprendrons, sans doute, un jour.

En résumé, les alcaloïdes de l'opium dont nous nous occupons possèdent trois propriétés distinctes, la propriété hypnotique ou soporifique, la propriété convulsivante et la propriété toxique. Nous avons fait plus de deux cents expériences sur divers animaux, afin de déterminer l'énergie relative de ces substances au point de vue de chacune de ces trois propriétés.

Leur ordre d'activité soporifique a déjà été indiqué tout à l'heure; c'est d'abord la narcéine, puis la morphine, enfin la codéine, les trois autres alcaloïdes ne possédant aucune action soporifique.

Dans l'ordre d'activité convulsivante, il faut les ranger ainsi, en commençant par la plus énergique:

1° Thébaïne.
2° Papavérine.
3° Narcotine.
4° Codéine.
5° Morphine.
6° Narcéine.

Déjà Jean Müller avait remarqué que les grenouilles devenaient très-excitables sous l'influence de l'opium, et nous verrons, en revenant sur ce phénomène, que les alcaloïdes soporifiques eux-mêmes le produisent d'une manière très-sensible.

Enfin, voici l'ordre toxique de ces six alcaloïdes, toujours en commençant par le plus énergique :

1° Thébaïne.
2° Codéine.
3° Papavérine.
4° Narcéine.
5° Morphine.
6° Narcotine.

On a pu voir, dans le tableau précédent, que les trois substances soporifiques occupaient, au point de vue convulsivant, un rang précisément inverse à celui de leur activité soporifique, ce qui semble en effet naturel. Mais, ici, on remarque que l'ordre toxique des trois substances soporifiques entre elles n'est pas du tout le même que celui de leurs pouvoirs hypnotiques : ainsi la codéine, qui tient le premier rang au point de vue toxique, est un soporifique très-faible.

Cet ordre n'est pas non plus tout à fait le même que celui de leurs pouvoirs convulsivants, car la narcéine, qui est moins convulsivante que la morphine, paraît au contraire plus toxique. Nous donnons ici le résultat d'expériences brutes que nous ne pouvons pas encore comprendre ni expliquer théoriquement ; et l'on voit du reste que la composition chimique de ces divers corps ne fournit aucune indication capable de nous guider à cet égard.

Comment faut-il employer ces substances ? Chez les animaux comme chez l'homme, il faut les administrer à l'état de sel soluble, généralement de chlorhydrate. Nous nous servons le plus souvent d'une dissolution de 5 grammes de chlorhydrate de morphine ou de narcéine dans 100 grammes d'eau. On voit que lorsqu'il fait froid, le sel ne se dissout pas complétement à cette dose et la liqueur reste trouble ; mais elle devient très-claire à 15°, et, au besoin, on peut toujours la rendre limpide en la chauffant, si la température ne s'élève pas jusque-là.

Un centigramme de cette solution suffit ordinairement pour endormir un jeune chien. Nous disons un jeune chien, parce qu'il y a de grandes différences sous ce rapport entre les animaux jeunes et les vieux ; les jeunes sont beaucoup plus sensibles à l'action de la narcéine ou de la morphine, et il en est de même, dans l'espèce humaine, pour les enfants. On ne doit donner que des doses très-légères quand on opère sur de petits animaux. Nous verrons d'ailleurs que les espèces animales présentent de grandes différences relativement à leur impressionnabilité aux actions soporifiques des alcaloïdes de l'opium.

Nous administrons d'ordinaire les solutions de ces substances en injections sous-cutanées, avec une seringue de Pravaz, qui permet de les doser exactement et dont la pointe pénètre avec une grande facilité dans les tissus.

Quant au point qu'il faut choisir pour administrer la morphine ou la narcéine, nous n'avons pas à désigner un lieu d'élection aussi précis que pour le chloroforme, qu'on ne peut introduire utilement que par les poumons. Cependant il n'est pas indifférent d'introduire les substances soporifiques à un endroit quelconque. Dans tous les cas, nous pouvons dire que l'estomac, qui est la voie la plus usitée, est cependant la plus mauvaise de toutes.

Chez les chiens, quand on fait prendre un narcotique par l'estomac, on manque le plus souvent l'effet qu'on voulait obtenir : en effet, lorsque la dose est forte, l'animal vomit presque toujours et l'expulse avant qu'elle ait été absorbée ; lorsqu'elle est faible et peut être tolérée, elle ne suffit pas à produire un état convenable pour les expériences qu'on voulait tenter.

On peut administrer la morphine par le rectum, en lavement ; l'absorption se produit alors assez vite et l'on obtient le sommeil de l'animal. Mais ce n'est pas encore un très-bon moyen : d'abord il est assez incommode et d'une exécution peu rapide ; puis il se trouve souvent dans le rectum des matières fécales au milieu desquelles la morphine se répand en les imprégnant, ce qui ralentit beaucoup son absorption, et l'empêche même pour la plus grande partie, parce qu'elle se trouve bientôt expulsée dans la défécation avec les matières qu'elle imprègne.

La véritable méthode, c'est l'injection sous-cutanée. Cette voie est excellente pour administrer les médicaments, non pas seulement chez les animaux, mais aussi chez l'homme, ainsi qu'on a déjà pu s'en assurer dans les essais qui ont été faits.

Je suis persuadé que la thérapeutique ne deviendra scientifique qu'en adoptant ce mode d'administration. Dans l'estomac, dans le rectum, etc., on est toujours exposé à rencontrer des matières étrangères qui peuvent empêcher, retarder ou ralentir l'absorption. Or, ce qui importe au point de vue thérapeutique, ce n'est pas la dose qu'on donne, c'est celle qui entre dans le sang, et nous ne voulons pas dire la dose qui y passe successivement, divisément, pendant un temps quelconque, mais celle qui y entre à un moment donné et à la fois pour y séjourner pendant un temps déterminé.

On connaît toute l'importance de la question de dose dans l'emploi des médicaments, et l'on voit que, pour régler non pas seulement la dose apparente, mais aussi la dose réelle, il faut pouvoir régler en même temps l'absorption. On n'est jamais sûr d'y arriver qu'en employant la méthode des injections sous-cutanées. Avec ce mode d'administration, les conditions d'absorption sont toujours faciles et restent assez constamment identiques avec elles-mêmes.

La méthode des injections sous-cutanées exige des quantités de médicaments beaucoup moins considérables parce que l'absorption est plus rapide et plus sûre ; elle a donc encore pour elle l'avantage de l'économie, qui n'est pas à dédaigner lorsqu'on emploie des médicaments chers ou qu'on opère sur de grands animaux, comme le font souvent les vétérinaires.

Mais pour faire des injections sous-cutanées, il faut employer des substances pures, cristallisées. Quand on se sert d'extraits, on provoque le plus souvent des abcès à l'endroit où l'injection a été faite. Cela tient à ce que les extraits contiennent toujours des matières étrangères fort nombreuses, telles que des matières sucrées, par exemple, qui fermentent peut-être sur place. Au contraire, avec des substances cristallisées dissoutes dans de l'eau distillée, on n'a plus aucune impureté, et je n'ai jamais vu arriver le moindre accident dans ces conditions.

Il y a encore une autre surface d'absorption excellente chez les animaux, et qui ne me paraîtrait pas non plus offrir d'inconvénient grave chez l'homme : c'est la surface pulmonaire. L'absorption y est bien plus prompte encore que dans le tissu cellulaire sous-cutané, comme Magendie l'avait observé déjà et comme je l'ai vérifié depuis. J'ai constaté en outre que le tissu des autres glandes absorbait également très-vite.

Pour les poumons, cela se comprend fort bien, car le médicament se trouve placé là plus près des organes sur lesquels il agit, et qui doivent subir son action par l'intermédiaire du sang artériel. Mais pour les glandes, le phénomène présente encore une telle rapidité, que je ne comprends pas comment il peut se produire si vite. Ainsi, après avoir introduit un petit tube dans le conduit salivaire des deux glandes sous-maxillaires d'un chien, j'injectai d'un côté de l'iodure de potassium dans la glande, et presque immédiatement, quelques secondes à peine après l'injection, j'excitai la sécrétion salivaire de l'autre côté, et j'y trouvai du prussiate de potasse. Pour arriver là, il avait cependant fallu que cet iodure de potassium passât par le cœur et fût renvoyé ensuite à la tête par l'aorte, l'artère carotide et ses divisions.

Il serait possible d'administrer la morphine par cette voie du tissu glandulaire, et nous pourrons l'essayer en enfonçant la pointe de la seringue de Pravaz dans la glande salivaire

illaire. Mais l'injection dans le tissu cellulaire sous-t beaucoup plus commode.

e, il n'est pas indifférent, pour faire l'injection, de endroit quelconque du corps. Chez les chiens, dans tissu sous-cutané est très-condensé; la substance jecte ne peut donc pas s'étaler facilement, elle fait sorte que la surface absorbante est fort restreinte, nséquent l'absorption assez lente. Sous les aisselles es aines au contraire, le tissu cellulaire est beau-lâche, la substance injectée s'étale aisément; la sur-rbante grandit ainsi, et l'absorption s'active. C'est nt que possible sous les aisselles ou dans les régions llulaire lâche qu'il faut pratiquer l'injection.

Je ne pas perdre de vue le but principal de ce cours, rrai pas consacrer un temps très-considérable à pendant si intéressante des alcaloïdes de l'opium. isterai un peu sur les effets qu'on obtient par la ion de ces narcotiques avec le chloroforme, parce hénomènes se rattachent intimement au but que suivons ici.

ÉRENCES DU BOULEVARD DES CAPUCINES

M. GASTON TISSANDIER

rate de potasse et les poudres fulminantes

les animaux, a dit l'auteur du *Dictionnaire philoso-* nt perpétuellement en guerre ; chaque espèce est en dévorer une autre. Il n'y a pas jusqu'aux mou-x colombes qui n'avalent une quantité prodigieuse imperceptibles. Les mâles de la même espèce se erre pour des femelles, comme Ménélas et Pâris. rre et les eaux sont des champs de destruction. » e, qui a eu la raison en partage dans la distribu-acultés réparties entre tous les êtres, devrait, au tte même raison, ne pas s'avilir à imiter les ani-utant plus qu'il ne lui a été donné ni arme pour emblable, ni instinct qui le pousse à se repaître de endant l'homme, qui est le roi de la création, est i de la guerre, et jamais bande de loups affamés é la férocité d'un peuple qui sans aucun motif hir un coin du territoire de ses voisins.

e primitif taille des silex et en façonne des armes es; plus tard, il a des flèches et des épées de fer, la poudre ; et à mesure que le progrès s'ouvre de horizons, les engins de destruction se perfec-Ils s'améliorent de jour en jour, en raison directe isation, et le siècle qui a créé la machine à vapeur raphe électrique, devait aussi tirer de son génie rayés, les fusils Chassepot et les poudres fulmi-picrate de potasse. Cette dernière substance vient une triste célébrité par l'épouvantable catastrophe a tous si profondément émus, et c'est ce qui m'a ous parler aujourd'hui d'un produit sur lequel on ques vérités et beaucoup d'erreurs.

ce lamentable événement soit ainsi le seul motif de érence, je ne vous en dirai presque rien en lui-les détails qui en ont été donnés dans les jour-si nombreux, que je ne pourrais que répéter tout ce que vous avez lu déjà ; je me contenterai de dire qu'il faut se garder d'outre-passer les lois de la sécurité publique et de la prudence dans le jugement qu'on peut émettre à ce sujet : quelle que soit l'horreur de cette épouvantable catastrophe, il ne faut pas s'écarter des limites d'une sage appréciation, comme on l'a fait si souvent dans cette circonstance. Comme j'espère vous le faire voir aujourd'hui, les poudres fulminantes sont utiles dans un grand nombre de cas, et si elles président à l'art de la guerre, elles sont aussi des auxiliaires précieux de l'industrie ; or, il n'est pas possible d'exiger la suppression d'une matière utile, sous prétexte qu'elle est dangereuse : il faudrait, à ce compte, supprimer les machines à vapeur, qui peuvent éclater; le gaz de l'éclairage, qui détone quand il est mélangé à l'air, et les allumettes chimiques, qui sont un poison et qui causent des incendies. La seule chose qu'il faille chercher à interdire, c'est l'introduction dans un laboratoire de Paris d'une énorme quantité de poudre fulminante, mais là doit se borner l'investigation de l'autorité. On aime tant l'exagération, que j'ai lu dans un journal que je ne veux pas nommer, un article dans lequel on demandait de supprimer les laboratoires, par conséquent de supprimer la chimie ! L'auteur de cet article est bien ignorant, et il se doute certainement bien peu de l'énormité qu'il a émise : sans la chimie, l'industrie tout entière cesse d'exister ; sans elle nous n'aurions plus ni pain ni vin, ni télégraphes électriques, ni photographie ; il faudrait nous passer d'éclairage et de teinture ; en un mot, de tout ce qui est sans cesse d'un usage journalier et d'une utilité du premier ordre.

Quant à l'événement de la place Sorbonne en lui-même, vous me permettrez de dire que, quelque navrant qu'il soit, quelque désolantes qu'en aient été les funestes conséquences, il y a eu un sentiment un peu égoïste dans l'impression générale. Bien souvent des mines de houille ont fait explosion en semant autour d'elles la mort et la dévastation ; bien souvent des poudrières ont détoné en jetant sur le sol de nombreuses victimes : on n'a que fort peu parlé de ces désastres éloignés. Mais une explosion place Sorbonne ! c'est autre chose. Chacun s'est dit qu'il aurait bien pu passer là et être écrasé comme les autres par ce volcan fortuitement en action. De là les hauts cris qui ont été proférés de toutes parts, récriminations exagérées, je le répète, quand on songe aux événements de même ordre qui ont à peine excité la compassion publique, parce qu'ils se passaient loin de nos murs ! Du reste, un de nos spirituels écrivains a dit encore avec raison, que le picrate de potasse de la place Sorbonne était destiné à tuer des hommes, et que si au lieu de faire six victimes à Paris, il avait écrasé 6000 Prussiens sur les bords du Rhin, en ne tuant que 3000 Français, loin de maudire le picrate, on l'aurait béni ; loin de dire qu'il avait joué le rôle d'un fléau, on se serait écrié avec enthousiasme qu'il avait fait merveille !

Je ne veux pas insister plus longtemps sur cette funeste catastrophe ! Puisse-t-elle enseigner la prudence à ceux qui manient ces substances si dangereuses ! puisse-t-elle être le dernier de ces malheurs horribles qui viennent parfois jeter le trouble et la désolation au milieu de la sérénité de la science. Je ne puis cependant détourner les yeux de ce tableau navrant sans penser à l'infortuné fabricant, à M. Fontaine, qui a été frappé d'une manière si fortuite et si horrible dans ses affections les plus chères. Triste jeu de la destinée! Cet homme invente une poudre de guerre, et c'est son propre

fils qui, sous ses yeux mêmes, tombe le premier sous les coups meurtriers de la substance qu'il a produite !

Quelle est la première substance inflammable connue, usitée comme arme offensive ? Quel est l'homme qui l'a inventée ? C'est à quoi nul historien ne peut répondre. — L'inventeur de la poudre à canon n'est pas connu : les uns le nomment Roger Bacon, les autres Berthold-Schwartz ; mais la poudre était usitée à des époques bien antérieures. Du reste, il est certain que le feu a été de tout temps un moyen de guerre : l'homme primitif lui-même faisait rougir des cailloux qu'il lançait sur le toit des villages ennemis ; le boulet a donc été imaginé avant la poudre.

La plupart des grandes inventions du moyen âge sont originaires de l'Orient ; le naphte, les huiles minérales combustibles, sont très-abondants en Asie, et il est tout naturel que les hommes de ces pays les aient utilisés comme moyens offensifs. Il est probable que ces huiles plus légères que l'eau, brûlant sur l'eau, entraient dans la composition du *feu grégeois* dont on a tant parlé. Il est probable aussi que les Chinois et les Indiens, qui connaissent les feux d'artifice depuis la plus haute antiquité, avaient le secret de quelques poudres analogues à celle qui est usitée en Europe depuis longtemps ; mais toute affirmation à ce sujet serait imprudente. Depuis le IXᵉ siècle jusqu'à la prise de Constantinople, les Byzantins durent au feu grégeois un grand nombre de victoires, et certains manuscrits anciens jettent quelque lumière sur ce sujet. Dans un manuscrit arabe de la bibliothèque de Leyde, intitulé : *Traité des ruses de guerre, d'après Alexandre, fils de Philippe*, on trouve une recette de feu grégeois, de feu brûlant sur l'eau.

« Tu prendras, est-il dit dans ce document précieux, de la résine, de la paille et de la poix noire, et tu les feras cuire ensemble ; quand le mélange sera à l'état de fusion, tu y verseras du naphte blanc ; ensuite tu le répandras dans de l'eau, et il brûlera. Si tu veux que la flamme soit bien pure, il faut ajouter du soufre et de la colophane. »

Le feu grégeois joua, comme vous le savez, un très-grand rôle au temps des croisades, mais il faut arriver au XIVᵉ siècle pour trouver la véritable naissance de la poudre à canon. C'est à ce moment que les Arabes commencèrent, d'après des documents certains, à former une poudre combustible par un mélange de soufre, de salpêtre et de charbon. — L'usage de la poudre à canon s'est introduit en France dès 1339, au siége de Puy-Guillem ; elle a conduit bientôt à la fabrication des premiers canons, à Cahors, en 1345.

Les Anglais n'employèrent la poudre qu'après la France ; on se rappelle toutefois l'usage funeste qu'ils en firent à Crécy en 1346, et d'après la *Chronique de Saint-Denis*, les arbalétriers génois se sauvèrent en désordre au bruit de trois coups de canon tirés par l'armée ennemie. — « Les bombardes, dit l'historien Villani, jetaient si grande rumeur et tremblement, qu'il semblait que Dieu tonnait, avec grande tuerie de gens et déconfiture de chevaux. »

L'apparition des canons jeta la consternation dans l'Europe civilisée, et, dans les premiers temps, on eut la plus grande répugnance à les employer ; mais on ne tarda pas à se familiariser avec cette nouvelle arme de guerre, et bientôt chaque pays, chaque ville libre voulut avoir ses *artilleurs*. En 1348, Brives-la-Gaillarde était défendue par cinq canons, et en 1376 les Anglais, à l'assaut de Saint-Malo, comptaient quatre cents canons postés autour de la place (1). Sous Charles VI, en 1411, l'armée du duc d'Orléans avait quatre mille canons et coulevrines. Enfin, en 1476, l'armée des Suisses, qui remporta sur Charles le Téméraire la victoire de Morat, avait dans ses rangs dix mille coulevrines.

Vous voyez, messieurs, que si à ces époques l'histoire des progrès était lente, celle de la poudre à canon était bien rapide, et jamais produit chimique utile n'a si vite fait son chemin dans le monde.

Je n'ai pas l'intention de suivre jusqu'au bout l'histoire de la poudre, et il me tarde d'envisager cette substance au point de vue chimique, et de considérer les perfectionnements qu'elle a subis, s'il est permis d'employer ce mot pour une substance meurtrière, non pas digne d'hommes civilisés, mais bien de barbares cannibales et féroces.

La poudre est formée de charbon, de soufre et de salpêtre unis dans des proportions correspondantes à leurs équivalents chimiques. Le mélange de ces matières est très-inflammable, et il produit par sa combustion une masse énorme de gaz qui se dilate par suite de l'élévation de température. Quand la poudre brûle, il se forme de l'acide carbonique et de l'azote ; il reste un résidu qui est le sulfure de potassium et qui constitue la crasse des armes.

La composition des poudres peut varier, et l'on a cherché à remplacer le salpêtre par le chlorate de potasse ; mais dans ce cas on obtient une substance brisante beaucoup trop active. On peut substituer au salpêtre, ou azotate de potasse, différents sels de la même famille, tels que l'azotate de strontiane ou l'azotate de baryte. Dans ces derniers cas, la flamme est colorée, et c'est ce qui a fait employer ces substances dans les feux d'artifice. Je vais enflammer une poudre à l'*azotate de strontiane*, et vous allez la voir brûler avec une flamme rouge d'un très-bel aspect ; avec l'azotate de baryte, nous obtenons au contraire une flamme verte.

La composition des feux d'artifice colorés est très-complexe, on y fait entrer souvent un grand nombre de substances telles que le camphre, l'ambre, le benjoin, l'encens, la limaille de fer, qui produit des étincelles brillantes, etc. ; mais je passerai sous silence toutes ces recettes qui n'offrent qu'un intérêt très-médiocre, pour vous parler des nouvelles poudres au picrate de potasse, question si remplie d'actualité.

Il faut remonter à la fin du siècle dernier pour rencontrer l'origine du picrate de potasse. En 1788, Jean-Michel Haussmann, chimiste à Mulhouse, découvrit l'*amer d'indigo*, résultant de l'action de l'acide azotique sur l'indigo, produit que Welter, Fourcroy et Vauquelin étudièrent successivement. En 1809, M. Chevreul reconnut que cette substance était un acide, et il la désigna sous le nom d'*acide picrique* (du grec *picros*, amer) ; plus tard, Liebig (1828) l'appela *acide carbazotique*, et Laurent prouva enfin que cette substance dérivait de l'acide phénique.

Depuis quelques années, l'acide picrique se prépare en grand par l'action de l'acide azotique ou *eau-forte* sur l'acide phénique ou les produits de distillation du goudron de houille, qui entrent en ébullition de 160 à 190 degrés centésimaux. C'est une matière cristalline, jaune, qui est soluble dans l'eau, et qui est employée comme substance tinctoriale ; sa puissance de coloration est considérable, car 1 gramme suffit pour teindre 1 kilogramme de soie ! L'acide picrique s'emploie sans mor-

(1) Froissart, *Histoire et chronique.*

et il se range à côté des admirables couleurs bleues, s, violettes, qu'on extrait du goudron de houille sous ms de *fuchsine*, *magenta*, *bleu de Paris*, etc., et qui ob-nt chaque jour un si grand et si légitime succès.

dant longtemps, l'acide picrique était uniquement con-comme une matière colorante des plus précieuses pour e la laine et la soie; on avait bien remarqué que les naisons qu'il forme avec certaines bases, telles que la e et l'ammoniaque, étaient éminemment explosibles, et ans certains cas, un simple choc pouvait suffire pour terminer l'inflammation immédiate. Mais c'est seule-dans un brevet du 3 décembre 1867 que MM. Designolle helaz indiquent des procédés permettant de produire ivelles poudres à l'aide du picrate de potasse ou à base ique.

première espèce de poudre consiste en un mélange de de potasse, corps solide jaune, de salpêtre et de char-'est une matière noire qui s'enflamme très-facilement offre une grande supériorité sur la poudre à canon or-e; elle augmente le pouvoir balistique sans augmenter voir brisant; elle ne renferme pas de soufre, et ne pro-as par conséquent d'hydrogène sulfuré, gaz hautement ux; elle n'exerce aucune action corrosive sur les mé-et sa combustion s'opère sans production de fumée. ouvelle invention a été accueillie l'an dernier avec le rand empressement par M. le ministre de la guerre, fait fabriquer à la manufacture impériale du Bouchet antités considérables de la nouvelle poudre.

deuxième espèce de poudre, dite *poudre brisante*, est uée par deux éléments : picrate de potasse et salpêtre. n produit de cette nature qui a fait explosion dans le toire de M. Fontaine; celui-ci toutefois fabriquait une e bien plus explosible que celle de M. Designolle, et royons qu'il remplaçait le salpêtre par le chlorate de , corps éminemment oxydant.

poudre brisante est employée pour la confection de s, de projectiles explosibles, mais elle peut aussi con-à la prospérité des arts pacifiques, et on l'utilise pour uter les mines, pour creuser les tunnels dans le roc iste aux efforts du pic et de la pioche.

ant qu'il brûle à l'air libre ou dans le canon d'un fusil, ate de potasse donne des produits différents. Dans le r cas, il dégage de l'azote, de l'acide carbonique, de la d'eau, du bioxyde d'azote, et de l'acide cyanhydrique ssique, au dire de M. Designolle. Dans le second cas, x dernières substances cessent de se produire.

gaz qui se dégagent par la combustion instantanée du de potasse occupent un volume considérable, qu'ac-ncore la haute température qui se développe; il en ré-ne force d'expansion formidable, à laquelle nul obsta-peut opposer une barrière : cette force est dix fois au supérieure à celle qui se produit à l'aide de la poudre , et ce fait trouve dans la catastrophe de la place Sor-une preuve aussi irréfutable que sinistre! L'inflamma-tantanée de plus de 23 kilogrammes de picrate de po-hez M. Fontaine a subitement donné naissance à des es de tonnes de composés gazeux qui, resserrés dans ace trop étroit, ont pulvérisé, pour s'étendre, tous les s qui les tenaient emprisonnés; la force expansive a une terrible et irrésistible dilatation, qui a causé les éparables désastres!

Le picrate de potasse rentre dans la classe des composés de l'azote, dont un grand nombre sont dangereux et fulminants. Ce gaz azote est dénué de toute affinité chimique, et générallement les combinaisons qu'il forme sont très-instables et se décomposent avec la plus grande facilité. Presque toutes les substances qui entrent dans la famille redoutable des matières fulminantes sont azotées : le chlorure et l'iodure d'azote détonent par le moindre choc, et le contact d'une barbe de plume en détermine l'explosion avec le bruit particulier d'une déflagration violente; le coton-poudre brûle et détone; la nitro-glycérine enfin, le plus effrayant de ces corps, a causé des désastres qui plaident en faveur de sa terrible puissance. Une seule goutte de nitro-glycérine, soumise au choc du marteau, ébranle le tympan au point de l'assourdir, et peut même casser un carreau par sa force expansive! On connaît enfin les propriétés des fulminates de mercure et d'argent, par les faits trop fréquemment cités d'accidents dus à leur inflammation; ces substances contiennent encore de l'azote.

Nous allons examiner la nature et les propriétés de ces différentes substances, et nous verrons ensuite quels en peuvent être les usages; elles sont presque toutes usitées dans la confection des engins de destruction, mais cependant quelques-unes d'entre elles peuvent être employées d'une manière utile.

Le chlorure et l'iodure d'azote n'offrent pas un grand intérêt, car leurs usages sont absolument nuls. On prépare ce dernier corps en agitant de l'iode pulvérisé dans un petit volume d'ammoniaque. Il se forme une substance noire qu'on filtre, et qui n'est autre que l'iodure d'azote. Une fois que le filtre est séché, il n'est pas possible de le toucher sans déterminer la brusque décomposition de la matière qu'il renferme; on entend le bruit sec d'une explosion subite, et des vapeurs violettes d'iode se produisent en même temps. Il est très-difficile de déterminer la composition d'un corps aussi instable, et les chimistes ne sont pas encore d'accord sur sa véritable constitution; toutefois on pense généralement qu'il est formé d'azote et d'iode unis à une petite quantité d'hydrogène.

Le fulminate de mercure est certainement le corps le plus dangereux de tous ceux qui appartiennent à la classe des matières explosibles.

La liste des accidents qu'il a causés est faite pour apprendre aux chimistes et aux fabricants les précautions que nécessite sa manipulation. Figuier (de Montpellier) perdit un œil en préparant du fulminate de mercure. Barruel (de Paris) eut la main emportée en broyant dans un mortier cette substance, et la détonation produite réduisit le mortier en poudre impalpable. Une semblable détonation mutila un ancien polytechnicien, Bellot, et frappa de mort un fabricant de poudre nommé Leroy. Plusieurs fabriques de fulminate de mercure, entre autres celle d'Ivry, ont été réduites en cendres par l'explosion de cette substance, et en 1842, Hennel (de Londres) fut littéralement broyé par une détonation du même genre.

Le fulminate de mercure se prépare en faisant agir l'alcool sur l'azotate de mercure. Il est employé dans la fabrication des capsules et des amorces de fusils de chasse. Cette fabrication s'effectue sur une grande échelle en France; nous produisons annuellement plus de 800 millions de capsules, dont 620 millions sont exportés à l'étranger.

Le fulminate de mercure est encore employé pour fabri-

quer des pétards et des pois fulminants. Vous connaissez peut-être l'araignée fulminante que les écoliers placent sur la table de leur maître d'étude, et qui ne se laisse écraser qu'en produisant une détonation inattendue.

Un opticien avait songé à fabriquer des bandelettes de papier fulminatées et destinées à prendre les voleurs. Le voyageur, à l'hôtel, fermait sa porte avec une de ces bandes de papier, il en collait un bout sur la porte et l'autre sur le mur. Si un voleur entrait, il déchirait le papier, et le fulminate faisait explosion. Ce malheureux opticien, non-seulement ne fit pas fortune, mais il se tua un jour en préparant du fulminate de mercure. Personne ne songea depuis à continuer cette fabrication. Il n'en est pas de même des usages du coton-poudre que nous allons examiner.

Dans les premiers mois de l'année 1846, les journaux signalèrent à l'attention publique une découverte des plus étonnantes. Un chimiste de Bâle, M. Schœnbein, venait de trouver le moyen de transformer le coton en une matière combustible jouissant de toutes les propriétés de la poudre. Dans une séance de l'Institut du 5 octobre de la même année, on donna lecture, à l'Académie des sciences, d'une lettre de M. Schœnbein qui annonçait sa découverte, parlait des propriétés du nouveau coton-poudre, sans toutefois indiquer son mode de préparation. Le public fut extraordinairement surpris, mais les chimistes le furent beaucoup moins; ils se rappelaient qu'en 1832, Braconnot avait inventé la *xyloïdine*, matière combustible obtenue par l'action de l'acide nitrique ou *eau-forte* sur l'amidon. On se douta que le coton, dans le travail de M. Schœnbein, devait être modifié de même par l'action de l'acide nitrique, et un ingénieur civil, M. Morel, ne tarda pas à dévoiler le secret du savant de Bâle. Il confectionna du coton-poudre, et chacun put bientôt examiner les propriétés de cette singulière substance.

Le coton-poudre brûle avec une si grande rapidité, qu'il est possible d'en enflammer un morceau sur la main, comme je le fais, sans être impressionné par aucune sensation de chaleur. Nous jetons dans cette soucoupe une petite quantité d'une poudre très-inflammable, nous y plaçons du coton-poudre. Je vais approcher une allumette du coton, qui va brûler si vivement, que la poudre avec laquelle il est en contact ne s'enflammera pas. Le coton a brûlé seul. Si maintenant je touche la poudre du bout de l'allumette encore incandescente, elle brûlera immédiatement.

Le coton-poudre a été essayé fréquemment dans les armes à feu, et, dans les fusils de chasse, il suffit d'employer le quart de coton azotique, c'est-à-dire 8 décigrammes au lieu de 3^{gr},20 de poudre ordinaire; mais il a des propriétés brisantes qui l'ont fait rejeter jusqu'à présent.

La préparation du coton-poudre, désigné aussi sous le nom de *fulmi-coton*, est très-simple, mais elle nécessite de grandes précautions, surtout lorsqu'elle s'opère sur une grande échelle.

On immerge du coton lavé dans un mélange formé d'acide nitrique monohydraté ou *fumant*. Après vingt minutes d'immersion, on retire la matière filamenteuse, qu'on exprime entre des baguettes de verre. On la lave à grande eau et on la soumet à la dessiccation. Une fois sec, le coton est transformé en la matière combustible et explosible dont vous venez de voir les propriétés.

Quand on remplace l'acide nitrique, dans la préparation du coton-poudre, par le nitrate de potasse, on obtient un produit très-remarquable, qui diffère du premier en ce qu[...] très-soluble dans un mélange d'éther et d'alcool. La so[...] obtenue s'évapore facilement et laisse en résidu une [...] pellicule solide qui a eu de nombreux et précieux usag[...] usages, vous les connaissez dès que je vous aurai dit qu[...] solution n'est autre que le *collodion*.

Le collodion est aujourd'hui la base fondamentale de [...] invention merveilleuse de la photographie : c'est lui q[...] étalé sur la plaque daguerrienne, qui y dépose une min[...] licule servant en quelque sorte de support au nitrat[...] gent sur lequel se fixent les rayons lumineux.

Le collodion peut encore servir à imprégner les tissus[...] rend imperméables et susceptibles de remplacer les t[...] cirés. Il est du plus utile concours à la chirurgie: étend[...] les plaies, il les protége d'un enduit résistant, adhére[...] les garantit beaucoup mieux que tous les sparadraps co[...] il est encore employé pour le traitement des coupures, de[...] lures et la confection de certaines préparations pharma[...] ques. Le fulmi-coton, cet agent combustible et meurtri[...] aussi une substance salutaire, utile à la thérapeutique ; i[...] produire des dévastations, causer la mort, mais il gué[...] plaies, les cicatrices, et joue le rôle d'un précieux re[...] C'est ce qui l'a fait comparer à la lance d'Achille, qui[...] aussi, d'après la légende, guérissait les blessures qu'elle[...] produites.

La nitro-glycérine a été découverte par M. Sobrero e[...] diée par Nobel. C'est sans contredit la plus redoutab[...] toutes les matières explosibles. La nitro-glycérine fr[...] ment préparée est blanche, limpide, d'un aspect hui[...] elle s'obtient par l'action de l'acide azotique fumant [...] l'acide sulfurique sur la glycérine. Le mélange de ces[...] stances produit une réaction des plus intenses; des to[...] de vapeurs rutilantes se dégagent au milieu d'un bouill[...] ment énergique. La glycérine, corps gras inoffensif, se [...] bine avec l'acide nitrique, et suivant l'expression des [...] mistes, « le mariage » de ces deux matières produi[...] nouvelle substance éminemment explosible. Je verse su[...] petit morceau de papier à filtre une seule goutte de [...] glycérine, je vais frapper ce liquide à l'aide d'un marte[...] vous entendrez une détonation formidable, relativeme[...] volume si faible de la substance employée.

Ce bruit que vous venez d'entendre, qui est suffisant[...] impressionner le tympan, vous donne une idée de ce[...] peut être l'explosion d'un grand volume de nitro-glycé[...] vous comprendrez quelle a dû être l'horreur du dés[...] causé par l'explosion, aux États-Unis, d'un navire c[...] chargé de ce liquide meurtrier.

La nitro-glycérine ne s'enflamme pas très facilement ; [...] mise à l'action de la chaleur, elle produit un décrépite[...] insignifiant ; mais le choc la décompose, et son transport [...] les plus grands dangers. Elle peut, en outre, détoner sp[...] nément quand il y a longtemps qu'elle a été préparée, [...] décomposition à laquelle elle est soumise sous l'influen[...] temps en fait un des produits les plus redoutables qu[...] chimie ait jamais inventés. On a cherché à utiliser la [...] glycérine comme engin de guerre, mais ses propriétés [...] giques sont trop effrayantes, et les artilleurs qui s'en s[...] raient en seraient sans doute les premières victime[...] serait à souhaiter que toutes les poudres fussent aussi [...] santes, car leur emploi devenant impossible, on en re[...] drait peut-être à l'arme blanche et au bon temps

res, où après un long combat il n'y avait quelquefois uelques rares victimes étendues sur le champ de bataille. pouvant employer la nitro-glycérine à la guerre, on l'a e dans le travail des mines, et son usage a produit llents résultats.

traction de la pierre des carrières et du minerai dans de la terre était autrefois considérée comme un travail dant; et de même que les Peaux rouges actuellement ent l'agriculture, les Romains autrefois attachaient un nneur à l'exploitation des mines, abandonnée aux es et aux condamnés. On considérait comme glorieux s qui tuent les hommes et comme vils ceux qui les font Du temps de Tacite, la profession de mineur était dante : « Par surcroît de honte, dit l'illustre historien, thins exploitent les mines de fer. »

s les temps les plus reculés, l'homme se servait du feu désagréger les roches; il dressait des bûchers dans ation des mines, la flamme produite portait le minerai haute température, et quand elle était éteinte, on jetait u sur les parois de la voûte brûlante. Elle se fissurait, fentes opérées ainsi facilitaient l'abatage de la roche. tard on a introduit dans le travail des mines l'emploi poudre, et le procédé dans ce cas se borne à creuser u et à y renfermer une cartouche qu'on fait éclater. dans l'usage de cette méthode que les nouvelles pou-lminantes sont du plus utile concours. On fore un trou ne oblique, on y verse de la nitro-glycérine, et comme ubstance ne fait pas explosion sous l'influence d'une e, il faut produire un choc pour en déterminer la déto-. Le choc est produit par un pétard qu'on enflamme le d'une mèche soufrée. Les ouvriers s'écartent à la bientôt la fusée prend feu, et sa combustion est diatement suivie de la décomposition de la terrible glycérine. L'air retentit d'un bruit formidable, le sol ranlé, et des débris de roches arrachées à leur gisement ncés dans l'espace. La matière fulminante a accompli sion, elle a séparé en morceaux la roche qu'il fallait ou le minerai qu'il s'agissait d'extraire.

effets produits sont considérables, et la nitro-glycérine partout employée si son transport n'était pas si dange-Dans quelques pays, en Belgique notamment, on en a l'entrée et la préparation dans tout le territoire ; quel-utres contrées, plus sages à notre avis, ont cherché à impossible son explosion pendant le transport, sans ire complétement une matière qui peut être utile.

a mélangé la nitro-glycérine avec du sable, et dans ce le ne se décompose que très-difficilement; mais la ure méthode est la suivante. On dissout la nitro-glycé-ans l'esprit de bois, et alors elle n'offre plus aucun . Quand on veut l'employer, on additionne d'eau le ge, et la nitro-glycérine se sépare sous forme d'une huileuse qu'on recueille facilement par décantation. en 1866 que M. Kopp employa la nitro-glycérine dans rrières de grès vosgien près de Saverne, et il décrit es résultats obtenus :

voit toute la masse du rocher se soulever, se déplacer, e rasseoir tranquillement ; on entend une détonation . Ce n'est qu'en arrivant sur les lieux qu'on peut se compte de la puissance de la force que l'explosion a ppée. Des masses formidables de roc se trouvent légère-léplacées et fissurées dans tous les sens, et prêtes à être débitées mécaniquement. Le principal avantage réside dans ce fait, que la pierre n'est que peu broyée et qu'il y a peu de déchet. Avec les charges de nitro-glycérine indiquées, on peut arracher ainsi des rocs de 80 mètres cubes. »

La nitro-glycérine n'est pas la seule matière fulminante nouvelle employée dans le *sautage* des mines. Les poudres au picrate de potasse et le fulmi-coton ont donné, dans un très-grand nombre de cas, d'excellents résultats.

Ces substances dangereuses sont aussi usitées pour la plupart dans la pyrotechnie, et les picrates notamment ont servi à confectionner des feux d'artifice *de salon*. Le picrate d'ammoniaque, qui brûle lentement à la manière des résines, sert à préparer des flammes du Bengale par son mélange avec les nitrates de strontiane ou de baryte. Le picrate de fer, mélange de fer et d'un excès d'acide picrique, donne une fusée d'un très-bel effet. J'enflamme une de ces fusées, et vous voyez voltiger mille étincelles incandescentes d'oxyde de fer qui sont ramifiées comme les branches de l'éclair.

On ne croirait pas, à voir cette flamme brillante, qu'une telle matière dans certains cas est si redoutable, et que dans d'autres lieux elle a pu causer la terreur, la dévastation et la ruine !

J'ai fini, messieurs, l'histoire des poudres fulminantes, et je ne sais vraiment que conclure après un tel sujet. Je vois ces substances employées à tuer les hommes, à semer les fléaux sur leur passage, et elles m'apparaissent alors comme les génies infernaux de la guerre. Mais je les aperçois, d'autre part, qui extraient le minerai des entrailles du sol, qui creusent les tunnels, percent le mont Cenis, et qui se montrent dans ce cas comme les outils les plus précieux de la paix !

Elles produisent des désastres, mais elles engendrent des bienfaits : beaucoup de mal et beaucoup de bien, semble être la devise de ces matières étranges !

GASTON TISSANDIER.

VARIÉTÉS

Les conférences de la Société des arts de Londres

Nous recevons de M. Augustin Delondre la lettre suivante :

Monsieur et cher directeur,

Permettez-moi de vous transmettre quelques détails sur les conférences et les lectures vraiment intéressantes qui ont lieu actuellement à Londres, au siége de la *Society of Arts*. Dans votre numéro du 10 avril 1869, vous avez déjà mentionné la conférence *sur la culture du thé dans l'Inde*, faite par M. C. H. Fielder, esq., secrétaire de l'*India Thea Association*, au siége de la *Society of Arts*, et sous les auspices d'un comité élu par cette Société, et non, comme il a été imprimé par erreur, sous les auspices de la Compagnie des Indes, qui n'existe plus, ni du secrétariat d'État des Indes, qui l'a remplacée, mais en réalité avec le concours des sommités les plus notables qui s'occupent des affaires de l'Inde, comme MM. Archibald Campbell, ancien surintendant à Darjeeling; le docteur Forbes Watson, William Denison, Hyde Clarke, etc., etc. La seconde conférence sur les sujets relatifs aux Indes a été tenue dans le même local, le 2 avril, sous la présidence de M. le docteur Forbes Watson. M. P. L. Simmonds, esq., secrétaire honoraire de la *Silk supply Association*, a traité *de la sériciculture* et *de l'approvisionnement de la soie dans l'Inde*. Après sa lecture, pleine de détails inté-

ressants, une discussion des faits signalés par M. Simmonds a été soulevée, et plusieurs orateurs ont pris part à cette discussion : nous citerons MM. Thomas Dickius, président de la *Silk supply Association;* le docteur Archibald Campbell, ancien surintendant à Darjeeling ; le major général sir William Denison, Hyde Clarke, le colonel Collyer, Turnbull ; l'honorable George Campbell, juge de la Cour suprême ; le major général Clarke, J. C. Wilson, Forbes Watson, etc., etc.

La prochaine conférence sur les questions indiennes doit être consacrée aux *stations* et aux *établissements sanitaires dans les montagnes de l'Inde.* M. Hyde Clarke est chargé de traiter sur ce sujet le vendredi 16 avril.

En même temps que ces conférences sur les sujets relatifs à l'Inde, je crois devoir appeler l'attention de vos lecteurs sur les quatre conférences dans lesquelles M. John Anderson, surintendant de mécanique au département de la guerre, s'occupera de *mécanique appliquée.* Ces conférences, faites aussi au siége de la *Society of Arts*, porteront : le 12 avril, sur *la mécanique appliquée dans ses relations avec l'art et la science ;* le 19, sur *la mécanique considérée dans ses relations avec les propriétés naturelles des matériaux;* le 26, sur *la mécanique appliquée, considérée avec les lois naturelles en activité ;* le 3 mai, sur *la mécanique appliquée, considérée dans ses rapports avec la force naturelle.*

Un comité de pisciculture, composé de membres de la Société des arts et élus par cette Société, a été chargé d'organiser aussi au siége de la Société des conférences sur les sujets qui se rattachent à cet intéressant sujet : la première, qui a dû avoir lieu le 9 avril, devait être consacrée à l'étude des lois relatives aux saumons et des rivières à saumons ; elle devait être faite par M. Wm Peard (de Bath).

En dehors de ces conférences extraordinaires, des meetings ordinaires ont lieu tous les mercredis, à huit heures du soir, au siége de la Société.

Le 12 avril, M. E. M. Underdews doit prendre pour sujet l'*Espagne considérée au point de vue commercial et économique.* Le 21 avril, M. Wybrow Robertson devait traiter de ce que nous désignons en France sous le nom de *marques industrielles* ou *de fabrique.*

Dans le meeting ordinaire du mercredi 17 mars, M. William Davison avait parlé sur *l'industrie et le commerce au Japon.* Permettez-moi d'attirer l'attention de vos lecteurs sur le passage de cette conférence dans lequel M. William Davison parle de la *sériciculture au Japon :* les difficultés que rencontrent dans l'exploitation de leur industrie nos départements séricicoles, m'ont fait penser que ces quelques lignes présenteraient quelque intérêt.

« Durant la saison de 1867-68, dit M. Davison, 12306 balles de soie ont été exportées; et c'était pour les marchés de France et d'Angleterre que la presque totalité de cette soie était achetée. D'abondantes affaires en œufs de vers à soie avaient été également réalisées durant l'année dernière : plus d'un million de livres sterling avait été accaparé par ce seul article de commerce, et la presque totalité était destinée au marché italien. Dans notre excursion à l'intérieur du pays, nous avons eu l'occasion d'observer les dispositions prises pour l'approvisionnement, la production des œufs et la nourriture des vers. Dans le voisinage des plantations de mûriers, toutes les maisons, même les maisons publiques où l'on prend le thé, paraissent s'occuper de cette affaire ; et lorsque les vers mangent, les étrangers ne sont admis que sur leur promesse de rester tranquilles et de ne pas troubler les vers. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et étendues sur de petits plateaux de bois qui sont portés dans les étages supérieurs, ou très-souvent même dans les greniers ; le soin de nourrir et de veiller les vers est confié aux femmes, qui doivent continuer incessamment leur tâche, et pendant le jour, et pendant la nuit. Les œufs sont mis sur des cartes d'environ quinze pouces de long sur neuf pouces de large. Les papillons sont dirigés dans leur marche sur les cartes, qui sont complétement couvertes d'œufs : chaque carte contient de 25000 à 30000 œufs. A une certaine époque, la crainte s'était élevée que le nombre énorme des œufs exportés par les étrangers pourrait causer une grande diminution dans la production de la soie ; mais il n'en a pas été ainsi. Les œufs qui sont achetés par les étrangers paraîtraient plutôt devoir être considérés comme étant ce que l'on considérait autrefois comme l'excédant que l'on détruisait. Les vers annuels sont ceux qui ont la plus grande valeur et atteignent le prix de 1 à 5 dollars mexicains, soit environ 5 à 25 francs par carte. Les bisannuels sont bien moins chers.

» L'un des chargeurs italiens qui accompagnait son chargement d'œufs de vers à soie, et qui retournait en Europe par [illegible] même malle que M. William Davison, avait 73 caisses contenant 26000 cartes : chaque carte lui avait coûté un napoléon, [illegible] environ 20000 livres sterling ou 500000 francs pour le [illegible] Ce négociant n'était pas à beaucoup près le plus fort exp[illegible]teur; un seul commerçant a en effet exporté l'année der[illegible] du Japon une quantité d'œufs de vers à soie représentan[illegible] une valeur de 100000 livres sterling. Cette industrie par[illegible], du reste, être appelée à continuer d'exister encore pendan[illegible] bien des années; en effet, les Italiens considèrent comme né[illegible]saire l'importation annuelle de nouveaux œufs. Le gouvernem[illegible]t de l'Inde est vraiment très-sage lorsqu'il organise des essa[illegible] avec des œufs des espèces du Japon, dans le but d'assurer [illegible] Inde une portion de cette industrie lucrative ; mais il est dout[illegible] que cette dernière contrée soit dans des conditions à pouvoi[illegible]rer en lutte avec le Japon sous ce rapport.

» Il existe, à environ 10 milles d'Yokohama, des pla[illegible]ons étendues de mûriers. Ces arbres sont veillés avec gran[illegible]in ; on ne les laisse pas pousser à une hauteur de plus de se[illegible] hui[illegible] pieds; ils sont plantés en rangées à une distance d'envi[illegible] pieds.

» Quelques-uns des fermiers doivent retirer des somm[illegible] gent énormes de la vente de la soie et des œufs, bien [illegible] paraissent nullement être riches; en effet, tous les do[illegible] de bénéfice sont pris par les Yakonins pour le prince d[illegible]vince. Toutefois le peuple paraît être partout bien vêtu, [illegible]ux, et mener une vie confortable à un bien plus haut degr[illegible] les agriculteurs de notre pays. »

Je pense que ces renseignements succincts peuvent [illegible]les à quelques-uns de vos lecteurs, et les mettre sur la v[illegible] documents plus détaillés sur des sujets d'intérêt génér[illegible] q[illegible] par suite, pourraient les intéresser.

Agréez, etc.

AUGUSTIN DELO[illegible]

AVIS

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la [illegible] mai, et qui désirent à cette occasion changer les conditions de l[illegible]cription et profiter des avantages que leur présente, soit l'abon[illegible] d'un an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscripti[illegible] deux *Revues des cours scientifiques* et *littéraires*, sont priés d'av[illegible] immédiatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat [illegible] ou des timbres-poste.

Les abonnés qui, d'ici à la fin de mai, n'auront fait parv[illegible] avis au bureau de la *Revue* seront considérés comme désiran[illegible] leur abonnement dans les mêmes conditions. En conséquenc[illegible] vront par l'entremise des porteurs, soit à Paris, soit dans le[illegible] ments, une quittance analogue à celle qui leur a été déjà remis[illegible] leur première souscription.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ɪIÈME ANNÉE — NUMÉRO 26 — 29 MAI 1869

Paris, 28 mai 1869.

ıyet a présenté à l'Académie des sciences des recherr le climat de l'isthme de Suez, qui présentent un inrticulier au moment où l'on commence à se préoccuper erture prochaine du grand canal maritime.

nétéorologie de l'Égypte est aujourd'hui encore peu . A la vérité, des observations barométriques et theriques soignées ont été recueillies pendant trois années 801) au Caire, lors de l'occupation française de ce pays; ur les autres points nous en sommes réduits à des obns faites dans le seul but d'études médicales, à des quelquefois mal choisies, avec des instruments et dans ditions qui peuvent faire douter de leur exactitude.

is les premiers mois de 1866, trois observatoires mégiques ont été établis le long du canal maritime de r les soins de M. de Lesseps. Les stations choisies sont: ıd, sur les bords de la Méditerranée; Ismaïlia, au mil'isthme et sur la côte nord du lac Timsah, et enfin ur la mer Rouge et au fond du golfe du même nom. truments, baromètres, thermomètres, psychromètres iomètres, étudiés et vérifiés à Paris avant leur expédiÉgypte, ont été installés par les ingénieurs du canal s conditions bien déterminées et propres à assurer tude des observations. Dans les trois stations, il est fait ervations trihoraires de six heures du matin à neuf du soir.

ıbservations résumées par M. Rayet comprennent une de deux années, du 1er juin 1866 au 31 mai 1868. Les nènes climatériques de l'Égypte sont fort réguliers, en ue la discussion des mesures faites dans cette période nner des résultats très-rapprochés de la vérité. Enouclimat de l'isthme de Suez paraît subir une légère rmation, ayant pour cause l'arrivée de la mer dans le ısah et dans le bassin des Lacs amers, et la création immenses nappes d'eau dans une région où il n'exisy a quelques années, que quelques bas-fonds où l'eau rrivait à l'époque des crues exceptionnelles. Cette moon est déjà devenue sensible à plusieurs égards. D'après ıble des témoignages recueillis sur les lieux mêmes des anciens employés de la Compagnie de Suez, les sont aujourd'hui beaucoup plus fréquentes qu'il y a ı six ans, et des brouillards épais se produisent fort ıt le long du canal. Le 1er octobre dernier, M. Rayet, ant sur le lac Timsah vers le lever du soleil, a rencon brouillard qui aurait pu rivaliser avec ceux de Paris ou ıdres.

Le caractère le plus frappant du climat de l'Égypte, celui qui en fait le mieux ressortir la physionomie, c'est la prédominance bien tranchée des vents de la région nord sur les vents de toutes les autres directions. Les trois stations présentent d'ailleurs à cet égard quelques différences. A Port-Saïd, les vents inclinent fréquemment vers l'O. et atteignent même assez souvent le S.-O.; le phénomène est surtout sensible en hiver. A Ismaïlia, les vents régnants sont compris entre l'O., le N. et le N.-N.-E. Dans la mauvaise saison, le vent souffle quelquefois du S.-O.; en été, le vent est, sans exception, compris entre le N.-N.-O. et le N.-N-E. Par le régime des mouvements de l'air, Suez se rapproche beaucoup d'Ismaïlia; cependant le voisinage de la mer soumet cette ville à l'influence de quelques brises de mer qui soufflent alors des régions sud. La conséquence de ce régime des vents, c'est la grande pureté du ciel et la faible humidité de l'air.

A Ismaïlia, et pendant les trois mois d'hiver, on compte à peine une douzaine de jours de ciel complétement couvert; en général le ciel y est nuageux ou peu nuageux. En été, il n'y a pas un seul jour couvert, et pendant trente ou trentecinq jours presque consécutifs, le ciel reste imperturbablement beau et sans nuages d'une étendue appréciable. A Suez, dans la même période de trois mois d'été, on ne compte pas moins de soixante-quinze jours de beau temps absolu. En hiver, le nombre de jours couverts est en moyenne de deux. Port-Saïd possède un ciel variable; les nuages y sont fréquents, mais en général se dissipent rapidement.

La température moyenne annuelle est plus élevée à Suez qu'à Port-Saïd, comme cela doit résulter de la position plus équatoriale de la première station; mais cet excès thermométrique provient de la chaleur très-grande des mois d'été, car en hiver il fait plus froid à Suez qu'à Port-Saïd. La sérénité constante du ciel permet des minima relativement fort bas, et la température moyenne du jour s'en trouve abaissée d'autant; à Port-Saïd, au contraire, le rayonnement est plus faible et les températures moins extrêmes. M. Rayet s'est appliqué à faire ressortir le caractère continental extrême des climats des deux stations de Suez et d'Ismaïlia, et, au contraire, le caractère marin du climat de Port-Saïd. La gelée ou la formation de la glace est inconnue sur les bords de la Méditerranée, tandis que, tous les ans, il gèle de deux à trois fois à Ismaïlia et à Suez; la glace se forme d'ailleurs par suite du refroidissement dû à une évaporation active et à un rayonnement considérable; car, dans les mêmes circonstances, le thermomètre placé à 2 mètres ou $2^m,50$ au-dessus du sol descend à 3 ou 4 degrés seulement.

ACADÉMIE FRANÇAISE

SÉANCE DE RÉCEPTION DE M. CLAUDE BERNARD

DISCOURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

Flourens — Les fonctions des centres nerveux

Messieurs,

En m'appelant à l'honneur de siéger parmi vous, votre indulgence m'inspire un sentiment de reconnaissance d'autant plus vif, que la pensée même de mon insuffisance littéraire ne saurait venir le troubler. C'est l'homme de science que vous avez élu ; vos suffrages bienveillants ont voulu honorer en moi l'Académie à laquelle j'appartiens, et perpétuer cette union des sciences et des lettres que vous n'avez cessé de consacrer par une tradition constante.

On a raison de dire que les lettres sont les sœurs aînées des sciences. C'est la loi de l'évolution intellectuelle des peuples, qui ont toujours produit leurs poëtes et leurs philosophes avant de former leurs savants. Dans ce développement progressif de l'humanité, la poésie, la philosophie et les sciences expriment les trois phases de notre intelligence, passant successivement par le sentiment, la raison et l'expérience ; mais pour que notre connaissance soit complète, il faut encore qu'une élaboration s'accomplisse en sens inverse, et que l'expérience, en remontant des faits à leur cause, vienne, à son tour, éclairer notre esprit, épurer notre sentiment, et fortifier notre raison. Tout cela prouve que les lettres, la philosophie et les sciences doivent s'unir et se confondre dans la recherche des mêmes vérités ; car si, dans le langage des écoles, on sépare, sous le nom de *sciences de l'esprit*, les lettres et la philosophie, des sciences proprement dites, qu'on appelle les *sciences de la nature*, ce serait une grave erreur de croire qu'il existe, pour cela, deux ordres de vérités distinctes ou contradictoires, les unes philosophiques ou métaphysiques, les autres scientifiques ou naturelles. Non, il ne peut y avoir au monde qu'une seule et même vérité, et cette vérité entière et absolue que l'homme poursuit avec tant d'ardeur ne sera que le résultat d'une pénétration réciproque et d'un accord définitif de toutes les sciences, soit qu'elles aient leur point de départ en nous, dans l'étude des problèmes de l'esprit humain, soit qu'elles aient pour objet l'interprétation des phénomènes de la nature, qui nous entourent.

Les sciences de l'esprit ont dû se manifester d'abord, et ont été ainsi appelées les premières à régner sur le monde ; mais, aujourd'hui, dans leur gigantesque essor, les sciences de la nature remontent jusqu'à elles et veulent les pénétrer en les éclairant par l'expérience.

La physiologie, qui explique les phénomènes de la vie, constitue une science en quelque sorte intermédiaire qui prend ses racines dans les sciences physiques de la nature, et élève ses rameaux jusque dans les sciences philosophiques de l'esprit. Elle paraît donc naturellement destinée à former le trait d'union entre les deux ordres de sciences, ayant son point d'appui solide dans les premières, et donnant aux dernières le support qui leur est indispensable. Voilà pourquoi les progrès rapides et brillants de la physiologie contemporaine excitent un intérêt général, et appellent de plus en plus l'attention sérieuse des philosophes et de tous ceux qui, comme vous, messieurs, se tiennent dans les hautes régions de la pensée et de l'esprit. C'est à cette circonstance heureuse que je suis redevable, sans aucun doute, d'avoir été distingué par vous au milieu de mes savants confrères. Vous avez perdu un physiologiste éminent, un académicien célèbre, et vous avez pensé qu'en admettant parmi vous un homme qui s'est voué à la culture de la même science, vous rendriez un hommage plus éclatant à la mémoire de celui que vous regrettez. Mais, si je m'explique ainsi l'honneur insigne que vous m'avez fait, je crains, d'un autre côté, de ne pas répondre à ce que vous attendez de moi ; car je sens, peut-être plus qu'un autre, les difficultés de juger et de louer convenablement, devant vous, mon illustre prédécesseur.

M. Flourens (Marie-Jean-Pierre) naquit à Maureilhan, arrondissement de Béziers (Hérault), le 13 avril 1794.

Heureusement doué par l'intelligence et portant au cœur l'aiguillon de la gloire et de la renommée, la nature le fit naître sous un ciel prédestiné, car l'arrondissement de Béziers a eu la fortune extraordinaire de compter successivement cinq de ses enfants parmi vous ; et, comme si une main invisible eût encore voulu tracer de plus près au jeune Flourens le sillon de sa vie, elle plaça son berceau sous le même toit où était né Dortous de Mairan, dont il devait, à un siècle de distance, occuper les deux fauteuils académiques, d'abord à l'Académie des sciences, comme secrétaire perpétuel, puis à l'Académie française.

Dès son enfance, M. Flourens s'était fait remarquer par l'énergie de sa volonté, ainsi que par les qualités natives de son esprit : une curiosité intellectuelle insatiable, le désir et la recherche de ce qui est beau et distingué, une admiration enthousiaste pour les hommes supérieurs, tels étaient les traits principaux de ce caractère d'une maturité précoce.

Arrivé à Paris en 1814, une lettre du célèbre botaniste de Candolle, son ancien professeur à l'école de médecine de Montpellier, l'introduisit auprès de Georges Cuvier et le plaça immédiatement au foyer scientifique de l'époque. Dans ce nouveau milieu, son travail ardent, sa bonne tenue et la convenance parfaite de ses manières attirèrent l'attention sur lui et lui concilièrent de hautes protections. Il fuyait les tumultes du monde frivole, qui éloigne de la science ; mais il recherchait partout la société des hommes célèbres, et dans quelques salons où se réunissaient des femmes éminentes ainsi que des grands savants, il sut trouver une atmosphère qui convenait à son esprit à la fois sérieux et délicat.

En moins de dix ans, M. Flourens fut membre de l'Académie des sciences, professeur au Muséum d'histoire naturelle, un des auteurs du *Journal des savants* et secrétaire perpétuel à l'Académie des sciences. En 1840, sa réputation, parvenue à son apogée, recevait sa consécration la plus glorieuse ; il fut élu membre de l'Académie française. Dès lors son horizon physiologique agrandi rayonna plus particulièrement vers le monde littéraire et vers la philosophie.

M. Flourens a été un auteur fécond, ses publications sont considérables et embrassent une période de près d'un demi-siècle. Nous ne dirons pas toutes ses recherches physiologiques ; elles furent nombreuses, et dans ce genre de travaux il se montra physiologiste habile, unissant toujours les ressources d'un esprit ingénieux aux vues larges du généralisateur. Mais à dater de 1841, il s'élève au-dessus de cette sphère purement physiologique, et entreprend la publication d'une

de traités qu'il appelle ses ouvrages philosophiques, fiques et littéraires.
préciation que M. Flourens a donnée des travaux et des l'illustres savants ont beaucoup contribué à la popula- l'il a su conquérir. En traitant des ouvrages de Fonte- pour lequel il avait une prédilection marquée, il le con- successivement comme philosophe et comme historien adémie des sciences, et il expose à ce propos d'une re claire et rapide les principes de la philosophie expé- ale. Dans ses écrits sur l'*Histoire des travaux de Georges* , sur l'*Histoire des travaux et des idées de Buffon*, urens se fait le vulgarisateur heureux des idées et des x de ces deux grands génies qui, comme il le dit, se ient et se comprennent l'un par l'autre. Dans ses *Élo- démiques*, l'illustre secrétaire perpétuel se montre tou- oucieux de la dignité et des intérêts de l'Académie, t, selon son expression, écrire l'histoire des sciences en it celles des académiciens.
ne chercherons pas à faire connaître M. Flourens par se de ses ouvrages nombreux et variés ; nous nous atta- s de préférence à ses expériences originales sur le sys- erveux ; elles sont le trait le plus saillant de ses inves- is physiologiques, et forment en même temps la base de ses études philosophiques.
822, Magendie avait établi, à l'aide d'expériences déci- a distinction fondamentale des nerfs moteurs et sen- la moelle épinière; c'est à peu près vers la même que M. Flourens présenta à l'Académie des sciences ses hes expérimentales sur le cerveau ; elles firent sensa- is le monde savant et valurent à leur jeune auteur un able rapport de l'illustre Cuvier. Gall avait eu le mé- ramener les qualités morales au même siége, au même que les facultés intellectuelles ; il avait ramené la folie ne siége que la raison, dont elle n'est que le trouble. côté de ce trait de génie, comme l'appelle M. Flou- rencontraient des erreurs graves. Se fondant unique- ir l'anatomie comparée, Gall pensa que les facultés tuelles étaient réparties dans toute la masse cérébrale, ette erreur fut fondé le système des localisations phré- ues. M. Flourens établit que l'intelligence est au con- oncentrée dans les parties les plus élevées de l'encé- et, par ces expériences, il prouva que l'ablation des hères cérébraux suffit pour faire disparaître toutes les tations spontanées de l'instinct et de l'intelligence.
nt de ces données expérimentales, M. Flourens aborde ses études de psychologie comparée sur l'instinct et gence des animaux ; il veut, avec raison, que la psy- embrasse l'ensemble des phénomènes intellectuels ite la série animale et non l'intelligence de l'homme ement.
admirable spectacle que cette manifestation de l'intel- depuis l'apparition de ses premiers vestiges jusqu'à nplet épanouissement, manifestation graduée dans la- physiologiste voit les diverses formes des fonctions es et cérébrales s'analyser en quelque sorte d'elles- et se répartir chez les différents animaux suivant le e leur organisation. D'abord, au plus bas degré, les tations instinctives, obscures et inconscientes ; bientôt ence consciente apparaissant chez les animaux d'un us élevé ; et enfin, chez l'homme, l'intelligence éclai- la raison, donnant naissance à l'acte rationnellement libre, acte le plus mystérieux de l'économie animale et peut-être de la nature entière.

Dans tous les temps, les manifestations de l'intelligence ont été regardées comme des phénomènes impénétrables ; mais, à mesure que la physiologie avance, elle porte ses vues de plus en plus loin. Aujourd'hui, après avoir localisé, elle veut expliquer. Elle ne se borne plus à déterminer dans les organes le siége précis des fonctions ; elle descend dans les éléments même de la matière vivante, en analyse les propriétés et en déduit l'explication des phénomènes de la vie, en y découvrant les conditions de leur manifestation.

Je ne puis avoir la pensée d'entrer ici dans les arides détails de l'anatomie et de la physiologie du cerveau : je n'oserais mettre votre patience à une aussi rude épreuve ; cependant je vous demande la permission d'exposer rapidement quelques-uns des faits et des idées qui servent de jalons et de fils conducteurs à la physiologie moderne, dans les méandres encore si obscurs des phénomènes de l'intelligence.

La physiologie établit d'abord clairement que la conscience a son siége exclusivement dans les lobes cérébraux ; mais quant à l'intelligence elle-même, si on la considère d'une manière générale et comme une force qui harmonise les différents actes de la vie, les règle et les approprie à leur but, les expériences physiologiques nous démontrent que cette force n'est point concentrée dans le seul organe cérébral supérieur, et qu'elle réside au contraire, à des degrés divers, dans une foule de centres nerveux inconscients, échelonnés tout le long de l'axe cérébro-spinal, et qui peuvent agir d'une façon indépendante, quoique coordonnés et subordonnés hiérarchiquement les uns aux autres.

En effet, la soustraction des lobes cérébraux chez un animal supérieur fait disparaître la conscience en laissant subsister toutes les fonctions du corps dont on a respecté les centres nerveux coordinateurs. Les fonctions de la circulation, de la respiration, continuent à s'exécuter régulièrement, sans interruption, mais elles cessent dès qu'on enlève le centre propre qui régit chacune d'elles. S'agit-il, par exemple, d'arrêter la respiration, on agira sur le centre respiratoire, qui est placé dans la moelle allongée. M. Flourens a circonscrit ce centre avec une scrupuleuse précision et lui a donné le nom de *nœud vital*, parce que sa destruction est suivie de la cessation immédiate des manifestations de la vie dans les organismes élevés. La digestion, seulement suspendue, n'est point anéantie. L'animal, privé de la conscience et de la perception, n'a plus l'usage de ses sens et a perdu, par conséquent, la faculté de chercher sa nourriture ; mais si l'on y supplée en poussant la matière alimentaire jusqu'au fond du gosier, la digestion s'effectue, parce que l'action des centres nerveux digestifs est restée intacte.

Un animal dépourvu de ses lobes cérébraux n'a plus la faculté de se mouvoir spontanément et volontairement ; mais si l'on substitue à l'influence de sa volonté une autre excitation, on s'assure que les centres nerveux coordinateurs des mouvements de ses membres ont conservé leur intégrité. De cette manière s'explique ce fait étrange, et bien connu, d'une grenouille décapitée qui écarte avec sa patte la pince qui la fait souffrir. On ne saurait admettre que ce mouvement si bien approprié à son but soit un acte volontaire du cerveau ; il est évidemment sous la dépendance d'un centre qui, siégeant dans la moelle épinière, peut entrer en fonction, tantôt sous l'influence centrale du sens intime et de la volonté

tantôt sous l'influence d'une sensation extérieure ou périphérique.

Chaque fonction du corps possède ainsi son centre nerveux spécial, véritable cerveau inférieur dont la complexité correspond à celle de la fonction elle-même. Ce sont là les *centres organiques* ou *fonctionnels*, qui ne sont point encore tous connus, et dont la physiologie expérimentale accroît tous les jours le nombre. Chez les animaux inférieurs, ces centres inconscients constituent seuls le système nerveux; dans les organismes élevés, ils se forment avant les centres supérieurs, et président à des fonctions organiques importantes dont la nature, — par prudence, suivant l'expression d'un philosophe allemand, — n'a pas voulu confier le soin à la volonté.

Au-dessus des centres nerveux fonctionnels inconscients viennent se placer les centres instinctifs proprement dits. Ils sont le siége de facultés également innées dont la manifestation, quoique consciente, est involontaire, irrésistible et tout à fait indépendante de l'expérience acquise. Gall a beaucoup insisté sur les faits de ce genre, et nous pouvons en avoir tous les jours des exemples sous les yeux. Le canard qui a été couvé par une poule, et qui se jette à l'eau, en sortant de sa coquille, nage sans avoir rien appris ni de sa mère ni de l'expérience. La vue seule de l'eau a suffi à éveiller son instinct. On sait encore l'histoire, rapportée par M. Flourens d'après Fr. Cuvier, d'un jeune castor, isolé au moment de sa naissance, et qui, après un certain temps, commença à construire industrieusement sa demeure.

Il y a donc des intelligences innées; on les désigne sous le nom d'*instincts*. Ces facultés inférieures des centres fonctionnels et des centres instinctifs sont invariables et incapables de perfectionnement; elles sont imprimées d'avance dans une organisation achevée et immuable, et sont apportées toutes faites en naissant, soit comme conditions immédiates de viabilité, soit comme moyens d'adaptation à certains modes d'existence nécessaires pour assurer le maintien et la fixité des espèces.

Mais il en est tout autrement des facultés intellectuelles supérieures; les lobes cérébraux, qui sont le siége de la conscience, ne terminent leur développement et ne commencent à manifester leurs fonctions qu'après la naissance. Il devait en être ainsi; car si l'organisation cérébrale eût été achevée chez le nouveau-né, l'intelligence supérieure eût été close comme les instincts, tandis qu'elle reste ouverte au contraire à tous les perfectionnements et à toutes les notions nouvelles qui s'acquièrent par l'expérience de la vie. Aussi allons-nous voir, à mesure que les fonctions des sens et du cerveau s'établissent, apparaître dans ce dernier, des centres nerveux fonctionnels et intellectuels de nouvelle formation réellement acquis par le fait de l'éducation.

Nous désignerons sous le nom de *centres* les masses nerveuses qui servent d'intermédiaire aux points d'arrivée des nerfs de la sensation et aux points de départ des nerfs du mouvement. C'est dans cette substance de soudure, qui s'organise le plus tardivement, que l'exercice de la fonction vient frayer et creuser en quelque sorte les voies de communication des nerfs qui doivent se correspondre physiologiquement.

Le centre nerveux de la parole est le premier que nous voyons se tracer chez l'enfant. Le sens de l'ouïe est son point de départ nécessaire; si l'organe auditif manque, le centre du langage ne se forme pas, l'enfant né sourd reste muet.

Dans l'éducation des organes de la parole, il s'établit
entre la sensation auditive et le mouvement vocal un vé
ble circuit nerveux qui relie les deux phénomènes dan
but fonctionnel commun. D'abord la langue balbutie;
par l'habitude seulement, et à l'aide d'un exercice
longtemps répété, que les mouvements deviennent assur
que cette communication centrale des nerfs est rendue f
et complète. Toutefois ce n'est qu'avec l'âge que la fon
peut s'imprimer définitivement dans l'organisation : un j
enfant qui cesse d'entendre perd peu à peu la faculté de
ler qu'il avait acquise, et redevient muet; tandis que
l'homme adulte, placé dans les mêmes conditions, il n'e
plus ainsi, parce que chez lui le centre de la parole est fi
le développement du cerveau achevé. A ce moment, les
tions de ce centre acquis sont devenus vraiment involonta
comme si elles étaient innées; et c'est une chose remar
ble que les actes intellectuels que nous manifestons, n'a
gnent réellement toute la perfection dont ils sont suscept
que lorsque l'habitude les a imprimés dans notre orga
tion et les a rendus en quelque sorte indépendants de
telligence consciente qui les a formés et de l'attention q
a dirigés. Chez l'orateur habile, la parole est comme ins
tive, et l'on voit, chez le musicien exercé, les doigts exé
d'eux-mêmes les morceaux les plus difficiles, sans que l'i
ligence, souvent distraite par d'autres pensées, y pr
aucune part.

Parmi tous les centres nerveux acquis, celui de la p
est sans contredit le plus important: en nous permetta
communiquer directement avec les autres hommes, il
à notre esprit les plus vastes horizons. Un médecin cé
de l'institution des sourds-muets, Itard, nous a dépeint
intellectuel et moral des hommes qu'un mutisme cong
laisserait réduits à leur propre expérience. Non-seule
ils subissent une véritable rétrogradation intellectuel
morale qui les reporte en quelque sorte aux premiers t
des sociétés; mais leur esprit, fermé en partie aux notion
nous parviennent par les sens, ne saurait se développer.
âme, inaccessible aux idées qui excitent l'imagination e
vent les pensées, reste souvent muette et silencieuse,
qu'elle ne comprend pas les délicatesses du sentiment
la parole elle-même ne parvient pas toujours à rendre t
les nuances. Le silence est éloquent, a-t-on dit; oui,
ceux qui savent parler et pour ceux qui, étant initiés à t
les émotions du cœur, sentent qu'il se passe alors que
chose en nous que les mots ne peuvent plus exprimer?

Mais ce ne sont pas seulement les mouvements de no
ganes extérieurs qui deviennent automatiques; la form
de nos idées est soumise à la même loi, et lorsqu'une id
traversé le cerveau durant un certain temps, elle s'y g
s'y creuse un centre, et devient comme une idée innée.

Ici la physiologie vient donc justifier le sentiment du p
latin en démontrant que, pendant le jeune âge, le cervea
voie de développement est, semblable à la cire molle,
à recevoir toutes les empreintes qu'on lui communi
comme la jeune pousse de l'arbre prend également toute
directions qu'on lui imprime. Plus tard, alors que l'orga
tion est plus avancée, les idées et les habitudes sont,
qu'on le dit, enracinées, et nous ne sommes plus maîtr
de faire disparaître immédiatement les empreintes ancie
ni d'en former de nouvelles.

L'organisation nerveuse de l'homme se ramène en dé

quatre ordres de centres : les centres fonctionnels, les iers formés, tous inconscients et dépourvus de sponta- ; les centres instinctifs conscients et doués de manifesta- irrésistibles et fatales; les centres intellectuels, acquis manière volontaire et libre, mais devenant par l'habi- plus ou moins automatiques et involontaires. Enfin, au iet de toutes ces manifestations, se trouve l'organe céré- supérieur du sens intime auquel tout vient aboutir. C'est ce centre de l'unité intellectuelle qu'apparaît la ience, qui, s'éclairant sans cesse aux lumières de l'expé- e de la vie, tend à affaiblir, par le développement pro- if de la raison et de la volonté, les manifestations gles et irrésistibles de l'instinct.

ublions pas que c'est aux expériences de M. Flourens ous devons nos principales connaissances sur le siége de nscience, et rappelons encore que l'ablation des lobes raux éteint aussitôt ce flambeau de l'intelligence et de ntanéité; la vie séparée de la conscience peut conti- sans doute, mais alors les centres nerveux inférieurs, gés dans l'obscurité, ne sont plus capables que d'actes ontaires et purement automatiques.

intenant quelle idée le physiologiste se fera-t-il sur la re de la conscience?

est porté d'abord à la regarder comme l'expression ème et finale d'un certain ensemble de phénomènes ner- et intellectuels; car l'intelligence consciente supérieure raît toujours la dernière, soit dans le développement de rie animale, soit dans le développement de l'homme. dans cette évolution, comment concevoir la formation ns intime et le passage, si gradué qu'il soit, de l'intelli- e inconsciente à l'intelligence consciente? Est-ce un loppement organique naturel et une intensité croissante fonctions cérébrales qui fait jaillir l'étincelle de la cience, restée à l'état latent, jusqu'à ce qu'une organisa- assez perfectionnée puisse permettre sa manifestation, et e pour cette raison que nous voyons la conscience se trer d'autant plus lumineuse, plus active et plus libre, lle appartient à un organisme plus élevé, plus complexe, -à-dire qu'elle coexiste avec des appareils intellectuels nscients plus nombreux et plus variés? En admettant que ience vienne confirmer ces opinions, nous n'en compren- ns pas mieux pour cela, au point de vue physiologique, ence de la conscience que nous ne pouvons comprendre, oint de vue chimique, l'essence du feu ou de la flamme. physiologiste ne doit donc pas trop s'arrêter, pour le nent, à ces interprétations; il lui suffit de savoir que les nomènes de l'intelligence et de la conscience, quel- inconnus qu'ils soient dans leur essence, quelque extraor- ires qu'ils nous apparaissent, exigent pour se manifester conditions *organiques* ou *anatomiques*, des conditions *siques* et *chimiques* qui sont accessibles à ses investigations, 'est dans ces limites exactes qu'il circonscrit son domaine. artout, en effet, nous constatons une corrélation rigou- se entre l'intensité des phénomènes physiques et chimiques 'activité des phénomènes de la vie; c'est pourquoi il nous possible, en agissant sur les premiers, de modifier les nds et de les régler à notre gré. De même que les autres nomènes vitaux, les manifestations intellectuelles sont blées, affaiblies, éteintes ou ranimées par de simples difications survenues dans les propriétés physiques ou miques du sang : il suffit de vicier ce liquide nourricier en y introduisant des anesthésiques ou certaines substances toxiques, pour faire aussitôt naître le délire ou disparaître la conscience. La pensée libre, pour se manifester, exige la réunion harmonique dans le cerveau de toutes ces conditions organiques, physiques et chimiques. Comment comprendre, en effet, la folie qui supprime la liberté, si on ne l'envisageait comme un trouble survenu dans ces conditions?

La tendance de la physiologie moderne est donc bien caractérisée; elle veut expliquer les phénomènes intellec- tuels au même titre que tous les autres phénomènes de la vie, et si elle reconnaît avec raison qu'il y a des lacunes plus considérables dans nos connaissances, relativement aux méca- nismes fonctionnels de l'intelligence, elle n'admet pas pour cela que ces mécanismes soient par leur nature ni plus ni moins inaccessibles à notre investigation que ceux de tous les autres actes vitaux.

Là, comme partout, les propriétés matérielles des tissus constituent les moyens nécessaires à l'expression des phé- nomènes vitaux; mais, nulle part, ces propriétés ne peuvent nous donner la raison première de l'arrangement fonctionnel des appareils. La fibre du muscle ne nous explique, par la pro- priété qu'elle possède de se raccourcir, que le phénomène de la contraction musculaire; mais cette propriété de la contrac- tilité, qui est toujours la même, ne nous apprend pas pour- quoi il existe des appareils moteurs différents, construits, les uns pour produire la voix, les autres pour effectuer la respira- tion, etc.; et dès lors ne trouverait-on pas absurde de dire que les fibres musculaires de la langue et celles du larynx ont la propriété de parler ou de chanter, et celles du diaphragme la propriété de respirer? Il en est de même pour les fibres et cel- lules cérébrales; elles ont des propriétés générales d'innerva- tion et de conductibilité, mais on ne saurait leur attribuer pour cela la propriété de sentir, de penser ou de vouloir.

Il faut donc bien se garder de confondre les propriétés de la matière avec les fonctions qu'elles accomplissent. Les pro- priétés de la matière n'expliquent que les phénomènes spé- ciaux qui en dérivent directement. Dans les œuvres de la nature et dans celles de l'homme, les propriétés matérielles ne restent point isolées, elles sont groupées dans des organes et dans des appareils qui les coordonnent dans un but final de fonction.

En un mot, il y a dans toutes les fonctions du corps vivant, sans exception, un côté idéal et un côté matériel. Le côté idéal de la fonction se rattache par sa forme à l'unité du plan de création ou de construction de l'organisme, tandis que son côté matériel répond, par son mécanisme, aux propriétés de la matière vivante. Les types des formations organiques ou fonctionnelles des êtres vivants sont développés et construits sous l'influence de forces qui leur sont propres : les propriétés de la matière organisée se rangent toutes, au contraire, sous l'empire des lois générales de la physique et de la chimie; elles sont soumises aux mêmes conditions d'activité que les propriétés de la matière minérale avec lesquelles elles sont en relations nécessaires et probablement équivalentes.

Les manifestations de l'intelligence ne constituent pas une exception aux autres fonctions de la vie; il n'y a aucune con- tradiction entre les sciences physiologiques et métaphysiques; seulement elles abordent le même problème de l'homme intellectuel par des côtés opposés. Les sciences physiologiques rattachent l'étude des facultés intellectuelles aux conditions organiques et physiques qui les expriment, tandis que les

sciences métaphysiques négligent ces relations pour ne considérer les manifestations de l'âme que dans la marche progressive de l'humanité ou dans les aspirations éternelles de notre sentiment.

Nous croyons donc pouvoir conclure qu'il n'y a réellement pas de ligne de séparation à établir entre la physiologie et la psychologie.

La physiologie, comme nous l'avons dit en commençant, remonte naturellement vers les sciences philosophiques, et elle sert de point d'appui immédiat à la psychologie. Elle est appelée en outre à concourir au bien-être physique de l'homme en devenant la base scientifique de l'hygiène et de la médecine ; dans cette direction, la physiologie expérimentale se constitue rapidement et prend sa place parmi les sciences définies. Partout, aujourd'hui, les gouvernements aident cette jeune science de la vie dans ses moyens de développement, et elle reçoit, en même temps de toutes parts, des encouragements et des marques éclatantes d'intérêt de la part des souverains.

Les travaux de M. Flourens viennent nous montrer aussi la physiologie dans ses rapports avec la médecine. En étudiant le rôle du périoste dans la formation des os, il a ouvert une voie que la chirurgie moderne a développée par d'importantes recherches et fécondée par d'heureuses applications. En 1861, l'Académie des sciences, voulant donner une impulsion décisive à la question de la régénération des os par le périoste, qui intéresse toute la chirurgie et plus particulièrement encore la chirurgie militaire, proposa sur ce sujet un grand prix de 10 000 francs qui fut porté à 20 000 francs par la libéralité de l'Empereur.

Il y a vingt-deux ans, la découverte de l'anesthésie par l'éther nous arriva du nouveau monde et se propagea rapidement en Europe. M. Flourens constata le premier les effets plus actifs du chloroforme, qui fut bientôt substitué à l'éther. Il a ainsi attaché son nom à cette importante découverte dont il a contribué à répandre les bienfaits.

Dans son ouvrage si populaire sur la longévité humaine, M. Flourens a cru pouvoir encore s'appuyer sur la physiologie pour promettre à l'homme un siècle de vie normale.

Aux qualités du savant, M. Flourens joignait les qualités de l'écrivain. Par ce côté encore il a rendu service à la physiologie ; il a inspiré le goût de cette science et l'a fait aimer d'un public qui, sans lui, peut-être, ne l'eût jamais *connue*. Il a popularisé ainsi la physiologie sans s'abaisser et l'a rendue accessible à tous par le charme du style. Sans devancer le jugement que portera tout à l'heure, sur le mérite littéraire de M. Flourens, l'une des voix les plus dignes et les plus compétentes, qu'il me soit permis de dire que l'éloquence du savant, c'est la clarté ; la vérité scientifique dans sa beauté nue apparaît toujours plus lumineuse que parée des ornements dont notre imagination tenterait de la revêtir.

A la fois savant, écrivain, professeur et doublement académicien, M. Flourens eut une vie des mieux remplies. Il devint un des physiologistes les plus renommés et les plus populaires de son temps ; il dut moins encore cet éclat à son ascendant sur la jeunesse qu'à son talent d'écrivain et à la diffusion de ses travaux parmi les gens du monde. Il se consacrait entièrement à ses devoirs d'académicien et de secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Il était chez lui comme dans une retraite. Absorbé par ses recherches et emporté par ses idées, il s'identifiait avec les grands hommes dont il traçait l'histoire scientifique ; il habitait au Muséum d'histoire naturelle l'appartement de Buffon et s'y inspirait du souvenir de son génie.

M. Flourens parcourut une heureuse carrière, sans éprouver les luttes pénibles ni les déceptions amères qui trop souvent aigrissent et découragent l'âme. Une volonté ferme, orientée dans ses desseins par un caractère droit, un esprit élevé, secondée par une heureuse habileté et soutenue par un grand travail, le fit arriver à la renommée qu'il avait rêvée dès sa jeunesse. Il jouissait des honneurs en remplissant les devoirs de ses nombreuses fonctions ; mais au foyer domestique il retrouvait le calme et le repos si nécessaires au savant qui travaille. Sa compagne, si dévouée, si digne de le comprendre et de l'apprécier, s'était identifiée avec sa vie intellectuelle qu'elle agrandissait en lui dissimulant les soucis même de l'existence. Il en était pénétré quand il répétait : « J'ai le cerveau trop occupé, il faut me faire vivre », mais il ne goûta les douceurs de la vie intime que lorsqu'il devait bientôt les quitter. Quand la maladie l'eut forcé à une retraite complète, il disait avec quelque amertume : « Que n'ai-je plus tôt pensé à jouir de la vie de famille au lieu de la sacrifier pour d'autres qui déjà ne pensent plus à moi. » M. Flourens fut affecté d'une paralysie qui s'empara successivement des organes de son corps : il avait parfaitement conscience de son état, et dès que le mal ne lui permit plus d'être maître de sa parole et de ses idées, il cessa de paraître dans les Académies. Il suivait les progrès du mal sans que sa sérénité d'esprit en fût atteinte ; il s'éteignit graduellement, et mourut à Montgeron, près Paris, le 6 décembre 1867.

M. Flourens fut un physiologiste expérimentateur ; mais son nom se place aussi parmi ceux des savants qui ont abordé les hautes généralités scientifiques.

Quelles sont les limites des sciences, de quelle nature sont les rapports qui les unissent ? Ces questions restent en quelque sorte toujours présentes, et elles ont été de tout temps l'objet des méditations des esprits éminents.

On ne saurait fixer le nombre des sciences parce qu'elles sont le résultat du morcellement successif des connaissances humaines, par notre esprit borné, en une foule de problèmes séparés. Néanmoins on a distingué deux ordres de sciences : les unes partant de l'esprit pour descendre dans les phénomènes de la nature ; les autres partant de l'observation de la nature pour remonter à l'esprit. Leur point de départ est différent, mais le but est le même : la recherche et la découverte de la vérité. Ce sont les ténèbres de notre ignorance qui nous font supposer des limites entre ces deux ordres de science.

Dans l'étude des sciences, notre raison se débat entre le sentiment naturel, qui nous emporte à la recherche des causes premières, et l'expérience, qui nous enchaîne à l'observation des causes secondes. Toutefois les luttes de ces systèmes exclusifs sont inutiles, car dans le domaine de la vérité, chaque chose doit avoir nécessairement son rôle, sa place et sa mesure.

Notre premier sentiment a pu nous faire croire qu'il nous était possible de construire le monde à priori, et que la connaissance des phénomènes naturels, en quelque sorte infuse en nous, s'en dégagerait par la seule force de l'esprit et du raisonnement. C'est ainsi qu'une école philosophique célèbre en Allemagne, au commencement de ce siècle, est arrivée à dire que la nature n'étant que le résultat de la pensée d'une intelligence créatrice, d'où nous émanons nous-mêmes,

pouvions, sans le secours de l'expérience et par notre re activité intellectuelle, retrouver les pensées du Créa- C'est là une illusion. Nous ne pourrions pas même con- r ainsi les inventions humaines, et s'il nous a été donné nnaître les lois de la nature, ce n'est qu'à la condition s déduire par expérience de l'examen direct des phéno- s, et non des seules conceptions spéculatives de notre t.

méthode expérimentale ne se préoccupe pas de la première des phénomènes qui échappe à ses procédés estigation; c'est pourquoi elle n'admet pas qu'aucun me scientifique vienne lui imposer à ce sujet son igno- , et elle veut que chacun reste libre dans sa manière rer et de sentir. C'est donc seulement aux causes se- s qu'elle s'adresse, parce qu'elle peut parvenir à en dé- ir et à en déterminer les lois, et celles-ci, n'étant que les ns d'action ou de manifestation de la cause première, ussi immuables qu'elle et constituent les lois inviolables nature et les bases inébranlables de la science.

s nos recherches n'ont point atteint les bornes de l'esprit in; limitées par les connaissances actuelles, elles ont ssus d'elles l'immense région de l'inconnu, qu'elles ne nt supprimer sans nuire à l'avancement même de la ce.

connu et l'inconnu, tels sont les deux pôles scientifiques saires. Le connu nous appartient et se dépose dans rience des siècles. L'inconnu seul nous agite et nous ente, et c'est lui qui excite sans cesse nos aspirations à herche des vérités nouvelles dont notre sentiment a l'in- n certaine, mais dont notre raison, aidée de l'expérience, trouver la formule scientifique.

serait donc une erreur de croire que le savant qui suit réceptes de la méthode expérimentale doive repousser conception à priori, et imposer silence à son sentiment ne plus consulter que les résultats bruts de l'expérience. les lois physiologiques qui règlent les manifestations de lligence humaine ne lui permettent pas de procéder au- nt qu'en passant toujours et successivement par le sen- t, la raison et l'expérience; seulement, instruit par de es déceptions et convaincu de l'inutilité des efforts de it réduit à lui-même, il donne à l'expérience une influence ndérante, et il cherche à se prémunir contre l'impatience nnaître qui nous pousse sans cesse vers l'erreur. Il he avec calme et sans précipitation à la recherche de la : c'est la raison ou le raisonnement qui lui sert toujours ide, mais il l'arrête, le retient et le dompte à chaque pas expérience; son sentiment obéit encore, même à son au besoin inné qui nous fait irrésistiblement remonter à ine des choses, mais ses regards restent tournés vers la e, parce que notre idée ne devient précise et lumineuse retournant du monde extérieur au foyer de la connais- qui est en nous, de même que le rayon de lumière ne nous éclairer qu'en se réfléchissant sur les objets qui entourent.

CLAUDE BERNARD,
Professeur au Collège de France et au Muséum d'histoire naturelle.

RÉPONSE DE M. PATIN
directeur de l'Académie française

M. Claude Bernard. — Flourens littérateur

Monsieur,

En vous donnant pour successeur à M. Flourens, nous avons assuré à la mémoire de notre savant confrère un avantage qui vous manquera aujourd'hui, celui d'être apprécié avec compétence et autorité. Mais à l'insuffisance nécessaire de mes paroles suppléera de reste ce qui parle plus haut que toutes les louanges, même les plus autorisées, ce qui vient de se faire entendre avec éclat, ce qu'exprimait, il y a quelques jours, une glorieuse faveur de la puissance souveraine, la haute et générale estime que vous ont méritée votre dévouement entier, constant, infatigable, à l'avancement de la science physiologique et aux progrès correspondants de la science médicale; votre singulière habileté à interroger la nature et à surprendre ses secrets; la lumière nouvelle dont vous avez éclairé les plus obscurs peut-être des phénomènes naturels, ceux qui pourtant semblent si fort à notre portée, car ils se produisent en nous, les phénomènes de la vie.

Il vient un moment où les grandes découvertes scientifiques, franchissant l'enceinte de ces sanctuaires savants dans lesquels elles s'élaborent, dans lesquels elles se discutent, se jugent et s'enseignent, arrivent à la connaissance du monde; où, par le mystère même qui les voile encore à demi, elles sollicitent sa curiosité et captivent son intérêt; où elles prennent place parmi les objets préférés de ses préoccupations intellectuelles; où, par là, lui apparaît avec plus de clarté le rapport intime qui rapproche, qui unit, dans leurs manifestations de l'ordre le plus élevé, les sciences et les lettres. Ce moment était arrivé pour vous, monsieur, quand l'Académie française, prenant à la fois conseil et de ses traditions et du sentiment public, a rouvert pour vous la liste, malheureusement close par des pertes bien regrettables, de ces illustres membres de l'Académie des sciences, que de tout temps elle a été jalouse de s'associer par une sorte de consécration littéraire.

A des écrits dans lesquels vous aviez suivi, comme au jour le jour, le progrès de vos découvertes et la marche de votre enseignement, vous avez fait succéder un livre de destination moins spéciale et, dans sa généralité, d'un abord plus facile, qui a puissamment contribué à attirer sur vos travaux, déjà placés en leur rang par leurs juges naturels, l'attention et la faveur du public. Votre belle *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* lui a ouvert, pour ainsi dire, votre laboratoire et l'a fait assister à quelques-unes des plus curieuses, des plus frappantes de vos expériences, si ingénieusement imaginées et conduites, d'un regard si attentif et si pénétrant, avec une si rigoureuse précision, vers des résultats certains, fondement légitime d'une théorie. En même temps lui étaient expliqués par vous-même, avec l'autorité que vous donnaient une pratique personnelle des plus suivies et des plus heureuses, comme aussi la longue et profonde étude de vos procédés d'investigation, les principes de la méthode expérimentale considérée dans son application et aux sciences en général, et plus particulièrement à la physiologie et à la médecine. Il apprenait de vous, dans une exposition où tout n'était pas nouveau et ne pouvait pas l'être, mais où les redites même étaient marquées d'un caractère d'originalité, il apprenait de vous en quoi diffèrent et de quelle manière concourent ces

deux instruments de découverte qu'on désigne par les mots, trop souvent confondus, d'observation et d'expérience ; comment un fait que montre, à qui sait le voir, l'observation, suggère, dans une intelligence douée d'invention scientifique, une explication anticipée, que contrôle ensuite l'expérience, soumettant le phénomène à des épreuves décisives qui permettent de déterminer avec certitude dans quelles conditions il peut ou ne peut pas se produire ; avec quel sage esprit de doute et, par suite, quelle liberté de jugement il faut procéder à de telles opérations, afin d'échapper au danger, trop rarement appréhendé et évité, de n'en apercevoir les résultats qu'au travers d'une idée préconçue, et dénaturés par ce milieu trompeur ; qu'ainsi instituée, ainsi conduite, l'expérience n'arrive sans doute, succès modeste, qu'à faire connaître la cause prochaine des choses et non pas leur principe ; mais que, d'autre part, au moyen de cette connaissance qui, toute bornée qu'elle est, nous permet de reproduire à volonté, de modifier, de diriger selon nos vues particulières les phénomènes, l'homme se soumet, s'asservit la nature, dispose en maître de ses forces, les accommode à son usage, et devient, je répète une expression spirituelle que Fontenelle se fût applaudi de rencontrer, et devient comme le *contre-maître de la création.*

Cette action féconde de la méthode expérimentale doit-elle se renfermer exclusivement dans le domaine de la matière brute, et ces conquêtes auxquelles elle a conduit et conduit sans cesse la physique et la chimie, lui est-il interdit de les assurer à la physiologie ? Vous ne le pensez pas, monsieur, malgré des assertions contraires d'un ordre très-considérable, et vous avez acquis le droit de ne le point penser. Dans la partie la plus spécialement physiologique de votre ouvrage, qui en est en même temps la partie la plus étendue et la plus neuve, vous avez établi victorieusement, à ce qu'il semble, que l'expérience, telle que vous la définissez, a prise sur la matière vivante elle-même ; que, dans les corps vivants, bien que leur extrême complexité les rende des plus difficiles à étudier, elle peut, quoi qu'on en ait dit, isoler les divers appareils de l'organisme, et, par les épreuves auxquelles elle les soumet, déterminer les conditions de leur fonctionnement régulier ; que ce travail, activement et efficacement poursuivi de nos jours, prépare, pour une époque encore bien éloignée sans doute, l'avénement d'une médecine nouvelle, non plus seulement empirique et conjecturale, mais sévèrement scientifique.

Je résume, monsieur, comme je le puis, bien imparfaitement et bien sèchement, un livre qui, par la richesse des développements, par l'abondance et la nouveauté des vues, par la chaleur éloquente de la conviction, a vivement intéressé, en dehors du cercle des savants, de nombreux lecteurs, et rendu presque populaire, avec la physiologie elle-même, son habile et heureux promoteur.

Vous avez dû, monsieur, on ne saurait s'en plaindre et l'on doit plutôt s'en applaudir, vous prêter à seconder la favorable disposition, le mouvement empressé des esprits. De là, dans les plus graves et les plus accréditées de nos *Revues*, dans ces réunions publiques également consacrées à l'active propagation des idées, utiles autant qu'agréables intermédiaires entre la science et la curiosité du monde, d'officieuses communications où, avec un art d'exposition dont vous avez tout à l'heure donné une nouvelle preuve, vous vous êtes employé à mettre à la portée de tous et, pour ainsi dire, en circulation, les nouveautés introduites par vous dans le trésor de nos connaissances.

Les fictions dont s'amuse l'imagination sont quelquefois moins merveilleuses que les réalités de la science. Vous l'avez remarqué, monsieur, en 1864, dans un article (1) bien propre à justifier cette pensée. Il s'agissait d'une préparation toxique appelée *curare*, qu'emploient les sauvages de l'Amérique du Sud pour empoisonner leurs flèches, et dont vous avez fait, dans l'intérêt de l'humanité et au grand profit de la science, un sujet d'expériences physiologiques. Vous retraciez, par des images d'une vérité descriptive saisissante, les effets apparents du poison, assez semblables dans leur succession rapide à l'invasion subite et paisible du sommeil. Et puis, péripétie imprévue d'un effet tragique, vous avertissiez que ce calme était mensonger et cachait une torture des plus cruelles. En effet, vous l'aviez constaté, le *curare* ne s'attaquant dans le corps soumis à son action qu'aux nerfs moteurs, et laissant intacts les nerfs de la sensibilité, l'être sentant conservait la conscience douloureuse de l'envahissement graduel qui supprimait successivement en lui tous les mouvements jusqu'au dernier, le mouvement respiratoire. Au *mécanisme de la mort* vous opposiez en finissant, concluant votre drame physiologique par un dénoûment heureux, le *mécanisme du retour à la vie.* Dans ce corps que la vie allait quitter, la respiration, artificiellement ramenée, permettait au sang de reprendre son cours et d'entraîner hors de l'économie le terrible poison que d'adroites ligatures, alternativement appliquées et enlevées ou modérément serrées, ne laissaient passer qu'en doses désormais innocentes. Vous ne pouviez, monsieur, par un plus frappant exemple, initier le public à la connaissance d'une des plus intéressantes pratiques de votre méthode d'expérimentation. Ce n'a pu être non plus sans un sentiment de surprise voisin de l'admiration qu'il a appris le rôle inattendu qu'y jouent les poisons, ces redoutables agents de destruction, apprivoisés en quelque sorte par votre art, rendus inoffensifs, peut-être bientôt secourables, et transformés en instruments d'analyse scientifique.

Une autre fois, en 1865, devant l'auditoire mondain que reçoivent le soir les murs de la grave Sorbonne, traitant *de la physiologie du cœur et de ses rapports avec le cerveau* (2), vous avez ajouté à l'attrait d'un tel sujet, traité par vous, celui d'une piquante application de la physiologie à la littérature. Comment le cœur, qui n'est pour l'anatomiste et le physiologiste que l'organe central de la circulation du sang, a-t-il pu devenir légitimement, dans le langage, même le plus usuel, et cela en tout temps, en tous lieux, ce qu'il n'appartient d'être qu'au cerveau, c'est-à-dire le siége de nos affections morales ? Vous l'avez fait comprendre par une attachante exposition des relations mutuelles, de l'action réciproque, qui font concourir les deux organes à l'expression du sentiment. Le sentiment, vous l'avez montré, a son retentissement soudain, d'abord dans le cœur, au moyen des nerfs moteurs qui du cerveau s'y rendent, et puis dans le cerveau lui-même, sous l'influence du sang que le cœur, dont le rhythme régulier a été troublé, lui envoie, avec des alternatives de ralentissement et d'accélération, de rareté et d'abondance, aussitôt accusées au dehors par la pâleur et la coloration du visage. Une

(1) *Revue des deux mondes*, septembre 1864, page 164.

(2) Voyez *Revue des cours scientifiques*, 8 avril 1865, page 314 ; *Revue des deux mondes*, mars 1865, p. 236.

it donc être attribuée au cœur, sinon dans la produc-
u moins dans les manifestations des passions qui nous
ent ; ces manières de parler, pour ainsi dire instincti-
i l'y font intervenir, ne sont nullement contredites par
iologie, bien au contraire; et l'art, vous l'y invitez,
ur la foi de la science, en user en toute sécurité. Sou-
seulement qu'il n'abuse point, par trop de prétention
ique, de vos explications. Nous n'avons déjà que trop
chant à substituer à la peinture naïve de la passion,
ulement son analyse psychologique, mais l'interpréta-
uelquefois bien minutieuse et bien subtile, que sem-
n donner les traits, l'expression changeante du visage,
tudes du corps.
position universelle des produits de l'industrie a eu ré-
ent pour conséquence une exhibition d'un autre genre;
pports où, sur l'invitation du gouvernement, nos divers
s intellectuels en ce siècle, et particulièrement dans
gt-cinq dernières années, ont dû être exposés par les
es qui semblaient le plus naturellement appelés à en
r les historiens et les représentants officiels. A ce dou-
e, monsieur, il vous appartenait de faire au public eu-
les honneurs de la physiologie française, d'une science
elle les idées nouvelles de Lavoisier et de Laplace sur
té des phénomènes physiques et chimiques dans les
ruts et dans les êtres vivants, l'introduction de l'ana-
générale des tissus par Bichat, celle de l'investigation
nentale par votre maître Magendie, ont donné une im-
puissante, bientôt propagée avec fécondité à l'étran-
els ont été pendant le quart de siècle qui vient de
er, pour les divers phénomènes de la vie, les problè-
'elle s'est posés, la méthode qu'elle y a appliquée, les
ns auxquelles elle est parvenue, celles qu'il lui reste
cher, vous le dites, monsieur, faisant à chacun, dans
e commune, sa juste part, et n'indiquant qu'avec ré-
a vôtre, qui n'est pas la moindre, en quelques pages
s et substantielles, pleines de faits et d'idées, où nul
important n'échappe à votre analyse, et qui sont en
temps aussi synthétiques que le comporte l'état présent
nnaissances.
mme est-il compris tout entier dans cette science de
qui vous doit, plus qu'à tout autre, sa constitution
ve, son rapide avancement, et dont les ouvrages que je
le passer en revue font si bien connaître le but et les
és, la marche et les progrès? Vous ne le prétendez pas,
ur; et tout à l'heure encore, quand, dans un langage
n a été justement frappé, vous assigniez à la physio-
une situation intermédiaire entre les sciences de la
et les sciences de l'esprit, vous reconnaissiez implici-
qu'il se passe en nous quelque chose, qu'il y a quel-
ose hors de la nature sensible, que n'ont point encore
les déterminations de la méthode expérimentale, et
est loisible de poursuivre la connaissance par d'autres
Si, dans l'ordre spécial de recherches auquel vous vous
ué, pour préserver l'intégrité de votre jugement de
préoccupation décevante, vous vous maintenez dans
dépendance absolue à l'égard de la philosophie et des
es entre lesquels elle se partage, vous êtes loin de vous
r à l'intolérante proscription qui voudrait l'exclure,
convaincue d'impuissance et d'inutilité, de la liberté
ser. Vous la laissez libre dans son domaine, comme
emandez qu'on laisse la physiologie libre dans le sien.
Vous exprimez même l'espoir que, parties de points si divers, l'une des faits observés dans le monde extérieur, l'autre de ceux qui se découvrent à la conscience, la physiologie et la philosophie pourront un jour se rencontrer, se reposer, car, vous aimez à le proclamer, la vérité est une, dans des conclusions communes. Tel est aussi l'espoir de quelques-uns de nos principaux philosophes, qui, animés pour vous de la vive sympathie que vous leur témoignez et que justifie de leur part le caractère éminemment philosophique de vos doctrines, ont cru y apercevoir, en les soumettant à l'examen sérieux qu'elles appellent, des traces de métaphysique : soit dans ce qui semble attester avec évidence la spontanéité de l'esprit, dans cette *idée à priori*, point de départ nécessaire, dites-vous, répétez-vous souvent, de l'expérience, sorte de pressentiment qui révèle par avance au génie scientifique les lois, par lui cherchées, de la nature; soit dans ce qui ne peut se comprendre que comme l'effet d'une intelligence créatrice, dans cette *idée organique* que vous montrez préexistant, présidant à l'assemblage, au concert des rouages de la machine humaine, et en confondant les actions diverses dans une harmonique unité.

Mais ce sont là des considérations que je risquerais d'affaiblir, de compromettre en y insistant; j'aime mieux rentrer dans le rôle qui me convient en remarquant qu'à l'essor philosophique de votre pensée a répondu, comme il était naturel, l'élévation de votre style. C'est, par exemple, une page véritablement éloquente que celle où vous célébrez, avec l'accent d'une gratitude personnelle, l'action puissante et féconde de la philosophie sur le mouvement des sciences où vous dépeignez les nobles et sévères joies, bien connues de vous, que donnent au savant la conquête et la poursuite même de la vérité. Nos auditeurs me sauront gré de vous rendre, pour quelques instants, la parole, en la citant :

« ..... Comme expérimentateur, j'évite les systèmes philo-
» sophiques, mais je ne saurais pour cela repousser cet esprit
» philosophique qui, sans appartenir à aucun système, doit
» régner non-seulement sur toutes les sciences, mais sur
» toutes les connaissances humaines..... Au point de vue
» scientifique, la philosophie représente l'aspiration éter-
» nelle de la raison humaine vers la connaissance de l'in-
» connu. Dès lors les philosophes se tiennent toujours dans
» les questions en controverse et dans les régions élevées,
» limites supérieures des sciences. Par là ils communiquent
» à la pensée scientifique un mouvement qui la vivifie et
» l'ennoblit; ils fortifient l'esprit en le développant par une
» gymnastique intellectuelle générale, en même temps qu'ils
» le reportent sans cesse vers la solution inépuisable des
» grands problèmes; ils entretiennent ainsi une sorte de
» soif de l'inconnu et le feu sacré de la recherche qui ne
» doivent jamais s'éteindre chez un savant.

» En effet, le désir ardent de la connaissance est l'unique
» mobile qui attire et soutient l'investigateur dans ses efforts;
» et c'est précisément cette connaissance qu'il saisit réelle-
» ment, et qui fuit cependant toujours devant lui, qui devient
» à la fois son seul tourment et son seul bonheur. Celui qui
» ne connaît pas les tourments de l'inconnu doit ignorer les
» joies de la découverte qui sont certainement les plus vives
» que l'esprit de l'homme puisse jamais ressentir. Mais, par
» un caprice de notre nature, cette joie de la découverte tant
» cherchée et tant espérée s'évanouit dès qu'elle est trouvé
» Ce n'est qu'un éclair dont la lueur nous a découvert d'

» tres horizons vers lesquels notre curiosité inassouvie se » porte encore avec plus d'ardeur (1)..... »

Ces belles paroles, où vous vous êtes involontairement peint vous-même, me ramènent naturellement au souvenir de votre prédécesseur, à qui elles peuvent aussi s'appliquer. Comme vous, il a été touché de la passion que vous avez si bien décrite, et il l'a satisfaite dans le même ordre de recherches, mais avec un moins entier dévouement. Son ardeur s'est partagée, presque dès ses débuts, entre la science et les lettres; les lettres, comme l'entendait Fontenelle lorsqu'il disait dans la préface de son *Histoire de l'Académie des sciences:* « Ce n'est guère que dans ce siècle-ci que l'on peut compter le renouvellement des mathématiques et de la physique. M. Descartes et d'autres grands hommes y ont travaillé avant tant de succès que, dans ces genres de littérature, tout a changé de face. »

L'illustration scientifique et littéraire de M. Flourens datait de loin. De bonne heure, les remarquables mémoires où le jeune physiologiste révélait, dans un style si net, si clair, si précis, d'une élégance si appropriée, les plus secrets mystères de notre organisme, l'avaient désigné à l'Académie des sciences, empressée de se l'associer, comme digne de devenir un jour l'un de ses interprètes officiels. De bonne heure aussi, en applaudissant chaque année, avec le public, ces *Éloges historiques* dans lesquels le nouveau secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences montrait discrètement un savoir si varié, faisait preuve d'un jugement si libre et si sûr, d'un art de composition et de style si délicat, l'Académie française lui avait destiné une de ces places qu'avaient occupées dans son sein, qu'avaient honorées d'âge en âge Mairan, Buffon, Dalembert, Maupertuis, la Condamine, Condorcet, Bailly, Vicq-d'Azyr, Laplace, Fourier, Georges Cuvier! Il y a siégé pendant un quart de siècle, et son nom, avec celui de Biot, que nous avons possédé plus tard, et pour trop peu de temps, s'ajoute honorablement à la liste de ces glorieux ancêtres académiques dont, en ce moment, vous recueillez légitimement l'héritage.

Les *Éloges historiques* forment, depuis Fontenelle qui l'a en quelque sorte inauguré, un genre de littérature que des succès continus et divers nous ont rendu propre, un genre plein d'attrait, mais aussi plein de difficultés. Suivre à la fois, dans un discours de dimension restreinte, le mouvement général de la science ou de l'art, et les travaux individuels d'un savant, d'un philosophe, d'un publiciste, d'un historien, d'un poëte, d'un artiste; mêler, dans une juste mesure, l'intérêt piquant de la biographie et l'intérêt plus austère de l'exposition critique; concilier la bienveillance de la louange et l'impartiale sévérité de l'appréciation; répondre à l'attente sérieuse des juges spéciaux, sans décourager l'attention moins grave d'un auditoire mondain auquel il faut plaire pour garder le droit de l'instruire, c'est là une tâche véritablement difficile, mais qui, chez nous, a toujours offert et ne paraît pas devoir cesser d'offrir à la variété des esprits et des talents une favorable matière. Il n'est que juste de compter parmi ceux qui s'y sont le plus heureusement exercés, M. Flourens, dont la parole, depuis 1833, s'est fait entendre annuellement, sans désavantage, avec l'accent qui lui était propre, dans la tribune académique de Cuvier.

(1) *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 387.

Il s'est montré encore un digne historien des savants des ouvrages dont le sujet intéressait à la fois l'Académ sciences et l'Académie française, et qui, par de rares m de solidité et d'élégance, pouvaient être avoués égalem toutes deux. Dans ces ouvrages de médiocre étendue, non de médiocre valeur, M. Flourens s'appliquait à e les méthodes et les idées, à analyser les travaux, à expl le génie de trois hommes, objet constant de sa préoccup qu'il admirait, qu'il étudiait, auxquels il demandait s spiration, dont, selon l'expression du poëte latin, il sui loin, sans servilité, dont il adorait les traces, Fonte Buffon, et, plus près de lui, — il avait été son discip dans l'enseignement, son collaborateur, il se félicitai cesse, il se faisait gloire d'avoir vécu près de lui, — G Cuvier. Par ces hommages dignement rendus à des g quelquefois mal comprises ou même injustement cont M. Flourens, en s'honorant lui-même, a bien méri lettres françaises.

Elles lui doivent une particulière reconnaissance pou mis en lumière, dans les charmants écrits de Fontene qu'ils recélaient sous leurs grâces, parfois un peu étu de connaissances variées et précises, de vues fines et jus libre et saine philosophie; dans l'œuvre de Buffon, au l brillantes, mais vaines hypothèses, des idées de génie, c les appelait Cuvier, en avance sur les découvertes de la s plus d'une fois annoncées et suscitées par elles; au lieu pompe déclamatoire dont on fait faussement son car habituel, d'après certains morceaux d'éclat trop exclusiv reproduits dans nos recueils de littérature, cette gran cette sévérité d'ordonnance, cette ampleur, cette riche développements, cette progression de mouvement, cett priété énergique et cette dignité soutenue de langage, to mérites supérieurs de composition et de style dont il donné de si magnifiques exemples avant d'en exposer, d l'Académie française, la théorie.

L'art d'écrire a toujours occupé, et très-sérieuse M. Flourens: il l'étudiait chez les maîtres, et dans le ments dont lui permettaient de disposer ses fonction démiques de double nature, le double enseignement q était confié, la poursuite persévérante de ses recherche pres, il s'y exerçait avec une ardeur, une application att par de constants progrès. Il ne lui demandait au res savant touché avant tout des intérêts de la science, que pouvait en faciliter, en hâter l'utile diffusion, ces si mais non vulgaires mérites d'ordre, de clarté, de jus de précision, qui la rendent accessible: ajoutons un p *superflu, chose si nécessaire*, qu'on appelle l'élégance; science, en se proposant d'instruire les hommes, et po instruire plus sûrement, n'est pas et ne peut pas être co tement désintéressée du soin de leur plaire.

Elle a plu, et beaucoup, je dois le redire après vous, ceux des ouvrages de M. Flourens, nombreux autant qu vers et souvent réimprimés, qu'il a publiés dans la se moitié de sa vie, dans le temps où le disputaient déso aux sciences de la nature les sciences de l'esprit. Il y a t et pour tout le monde, je ne puis, en ce qui me conc que lui en rendre grâce, de quelques parties des sci naturelles, de quelques points de leur histoire, de cert questions particulièrement qui relèvent de la zoologie, physiologie et tout ensemble de la psychologie. Ce son écrits d'un philosophe non moins que d'un savant, je d

ontiers d'un littérateur non moins que d'un philo-
ordonnance est simple et claire, les proportions
formes d'exposition et de discussion nettes et vives,
ujours pur, toujours élégant, d'un tour ingénieux
cune aridité technique. Des citations choisies avec
adrées avec art, commentées avec délicatesse, y
nent et agréablement intervenir les savants, les
es, dont l'autorité est invoquée, les opinions ou
u contestées; ils n'y paraissent guère, sans qu'un
re et sûr les marque au passage de traits caracté-
Ils forment, par exemple, une bien intéressante ga-
l'excellent volume où est de nouveau débattue et,
ible, définitivement résolue la question si longtemps
sée *de l'instinct et de l'intelligence des animaux*. Au-
escartes et de Condillac, de Buffon et de Réaumur,
elle que les plus grands, les plus illustres, y a sa
ne un poëte, un grand poëte, philosophe à ses
avocat naturel des êtres qu'il a si bien fait penser
la Fontaine. Un nom cher à l'auteur y revient sur-
emment, mais à un nouveau titre ; il désigne cette
lu, le perspicace, le spirituel observateur des
s animaux, qui n'a voulu pour son tombeau que
este et touchante épitaphe : « *Frédéric Cuvier, frère Cuvier.* »
lui des ouvrages de M. Flourens qu'on a le plus lu
parce qu'il flatte un de nos sentiments les plus
, en reculant scientifiquement, vous venez de dire
manière, les limites des divers âges et le terme de
physiologie aboutit, non plus à la psychologie, mais
e, à la morale pratique. C'est surtout en moraliste
M. Flourens. Le fonds de vie considérable qui, se-
leuls, nous a été départi, il n'en promet la jouis-
l'homme qui, échappant aux causes accidentelles
tion, saura l'administrer avec sagesse. Ce livre est
iles conseils donnés en termes persuasifs, et dont
rait le premier fait son profit, hélas ! bien vaine-
ne l'eût cru appelé par la régularité de ses habi-
ercice constant et modéré de ses heureuses facul-
calme d'une âme dont les passions dominantes
iblement l'amour des sciences et des lettres, l'am-
fiante et sans mécomptes de la paisible gloire
ocurent, qui ne l'eût cru, dis-je, appelé à attester
par son propre exemple la vérité de sa séduisante

is pas oublier, dans ce rapide rappel des titres litté-
I. Flourens, les nombreux et excellents articles
lant de longues années, sa zélée collaboration a
Journal des savants. Ils ne sont point travaillés avec
oin que ses autres écrits; ils ne leur sont point
et c'est assez en faire l'éloge, ils en ont quelque-
les éléments. Par eux s'est terminée sa laborieuse
ue l'atteinte, l'invasion inattendue d'un mal cruel,
turément interrompue. Je crois l'entendre encore
péniblement, d'une voix qu'enchainait déjà l'en-
nent progressif de ses organes, ces pages dernières
it encore et semblait en même temps rendre té-
à ses convictions spiritualistes l'activité indépen-
a pensée.
sensible s'est fait par sa mort dans l'Académie fran-
a rectitude de son esprit, la douce fermeté de sa
s manières aimables et conciliantes, lui avaient acquis, en toute discussion, en toute délibération, une juste et facile autorité. Les tristes années qu'il a passées loin de nous, dans l'isolement auquel le condamnait la maladie, et sous la tutelle vigilante de la tendresse domestique, ne nous avaient point accoutumés à son absence, et, quand nous avons achevé de nous séparer de lui, sa perte a été pour nous, comme pour l'Institut tout entier et pour le public, le sujet de regrets aussi vifs qu'ils seront durables. Vous les adoucirez toutefois, monsieur, nous en avons la confiance, par tout ce que nous promettent d'honorable et utile concours, de sûr et agréable commerce, la solidité et la distinction de votre savoir, l'élévation de vos idées, les qualités si dignes d'estime et d'affection, si unanimement appréciées, de votre caractère.

PATIN,

Doyen de la Faculté des lettres de Paris.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. W. F. D. JERVOIS

Les fortifications des côtes de l'Angleterre

En traitant devant vous le sujet qui va nous occuper ce soir, je commencerai par exposer le système de défense adopté autrefois pour nos côtes, puis j'essayerai d'expliquer les principes suivis de nos jours dans le même but.

Dès les temps les plus reculés, nos ancêtres anglo-saxons furent souvent exposés aux incursions des pirates normands et danois, qui, partant des côtes de la Norvége et du Danemark, suivaient les rivages de l'Angleterre, remontaient les fleuves navigables, dévastaient les alentours, et se rembarquaient avec leur butin. Pendant les guerres si fréquentes entre nos rois normands et angevins et les souverains de la France, les côtes d'Angleterre eurent souvent à subir, de la part des Français, des attaques qui rappelèrent plus d'une fois les brigandages des Normands.

Voici comment Holinshed (1) décrit les précautions que prenaient nos ancêtres contre ces attaques : « Sur toutes les côtes, en temps de guerre, on élève au sommet des collines des tours portant un grand fanal qu'on puisse apercevoir de très-loin. Dès qu'on apprend l'approche de l'ennemi, on allume le fanal, et l'on crie de ville en ville et d'un village à l'autre. Des messagers parcourent le pays pour avertir le peuple de se tenir prêt à prendre les armes. Grâce à ces mesures, la nouvelle est bientôt répandue partout, et tous, dans les campagnes aussi bien que dans les villes, s'assemblent en armes pour attendre et repousser les ennemis. »

Mais ces précautions, suffisantes contre les incursions passagères de quelques bandes, ne l'étaient plus quand il s'agissait de repousser une invasion générale ; aussi les attaques de nos voisins réussissaient-elles presque toujours quand elles étaient faites sur une grande échelle. Citons quelques exemples. En 1296, la ville de Douvres est prise et en partie incendiée par les Français, sous le commandement de Montmorency. En 1339, les mêmes ennemis prennent et saccagent Portsmouth

(1) Chroniqueur du XVIe siècle.

pour se venger d'une attaque des Anglais contre Boulogne. L'année suivante, nouveaux ravages des Français sur toute la côte sud de l'Angleterre, pendant qu'Édouard III est à guerroyer en Flandres : plusieurs vaisseaux sont détruits à Hastings (1) ; Southampton et Plymouth sont presque réduits en cendres. En 1377, les Français attaquent la ville de Rye (2) et l'île de Wight, et commettent de grands dégâts à Hastings, à Portsmouth, à Dartmouth et à Plymouth ; trois ans après, ils pillent Winchelsea (3) et plusieurs autres villes. En 1405, les Français débarquent en nombre à Milford-Haven (4), et avant que l'armée envoyée par Henri IV d'Angleterre ait pu arriver, ils pillent Carmarthen et d'autres villes, et regagnent sans encombre la flotte qui les avait amenés.

Les progrès de la civilisation ont heureusement modifié la manière de faire la guerre, et il n'est plus nécessaire de se mettre en garde contre de pareilles expéditions. Nos côtes sont trop étendues, elles présentent trop de points d'un accès facile, pour qu'il soit possible de tout fortifier. Aussi, lorsque nous parlons de fortifier les côtes, ne demandons-nous pas qu'on élève des ouvrages de défense sur tous les points vulnérables, car ce serait tenter l'impossible ; nous voulons seulement qu'on prenne des mesures efficaces pour protéger nos arsenaux maritimes, ainsi que nos principaux ports de commerce.

On nous dit quelquefois que l'idée de fortifier ces points importants de nos côtes n'est pas anglaise ; si cela était vrai, il y aurait plus de trois cent trente ans que nous aurions cessé d'être Anglais, lorsque le roi Henri VIII fit fortifier un grand nombre de positions sur la côte. Dès le début de son règne, ce roi avait été frappé de la facilité avec laquelle les Français faisaient des débarquements sur les côtes du Sussex. Il savait l'histoire des succès des armées françaises pendant les guerres du XVe siècle, succès dus à la supériorité de leur artillerie ; et plus tard, après sa rupture avec le pape, il apprit que le souverain pontife, à l'instigation du cardinal Pole, poussait plusieurs princes chrétiens à envahir le royaume d'Angleterre. Alors le roi Henri s'occupa sérieusement de fortifier les points les plus importants de la côte, et les mesures qu'il prit à cet effet furent telles, qu'on pouvait les attendre d'un caractère aussi énergique. Il alla lui-même inspecter une grande partie des côtes, envoya des membres de son conseil examiner tous les ports et les endroits les plus exposés ; fit élever des forts et des remparts, appela les milices sous les armes, et les fit pourvoir d'armes offensives et défensives.

Lord Herbert, de Cherbury, nous dit, dans sa *Vie de Henri VIII*, que tous ces préparatifs contre un danger qui paraissait imminent servirent au roi de prétexte pour supprimer les abbayes ; car le peuple, heureux de sauver sa bourse, permit aisément cette spoliation, surtout lorsqu'il vit le roi s'occuper de faire élever des forts et des remparts sur les côtes.

Je trouve dans les archives une lettre intéressante de sir Antony Knyvet au roi Henri VIII. Dans cette lettre, qui est du mois d'octobre 1541, sir Antony vante la forteresse qu'on vient de bâtir à Portsmouth ; il prie le roi de vouloir bien, dès qu'il en aura le loisir, examiner les plans de ce grand tra-

(1) Port du comté de Sussex.
(2) Port du comté de Suffolk.
(3) Comté de Suffolk.
(4) Comté de Pembroke, pays de Galles.

vail, montrant ainsi que Henri prenait un vif intérê
aux détails de ses fortifications. Déjà le roi avait ét
des progrès que faisait la science de l'artillerie. Fro
porte dans son *Histoire d'Angleterre* que Henri VIII fu
premiers à prévoir la puissance de l'artillerie. Il cite
Sebastianini, des expériences sur la portée des canon
par le roi devant Southampton ; il ajoute que « l
écrira l'histoire de l'artillerie, on ne devra pas oublier
vaux de Henri VIII sur cette question. »

Sous Édouard VI et sous Marie, la défense des c
presque entièrement négligée. Bien loin d'ajouter aux
de Henri VIII, ce fut à peine si l'on prit soin de les en
en bon état. Il fallut que la reine Élisabeth montâ
trône (1559), pour que l'attention publique se portât
veau de ce côté.

A cette époque, quoique l'Angleterre fût en guerr
seconde puissance du monde, la marine de l'État ne
en tout, hors des ports, que 7 vaisseaux gardes-côtes
plus grand n'était que de 120 tonneaux, et 8 petits
marchands transformés en vaisseaux de guerre.
ports, il n'y avait de propres au service que 9 vaisse
geant de 200 à 800 tonneaux, avec 12 sloops et chalo

L'artillerie était dans un état encore plus pitoyab
les pièces de 48 et de 24, tous les arsenaux ensem
contenaient que 30 qui fussent en bon état, avec 2
vrines et fauconneaux de 12 et de 3. Quant aux tro
certain capitaine Turner, nommé commandant à Por
où il s'attendait tous les jours à un débarquement d
çais, écrit à Cecil « qu'il n'y a plus que désordre et
pline, et tous les déréglements imaginables. »

Nous avons une lettre caractéristique adressée en
lord Sussex au conseil, dans laquelle il se plaint, ent
choses, que la plate-forme de la tour ronde de Po
soit si vieille et si pourrie, que, le jour du couronn
la reine, « il n'a pas osé faire tirer le canon ». Les
Gravesend et de Tilbury (1) n'étaient pas en meill
car nous trouvons, dans une lettre de Walsingham
ter, du mois de juillet 1588, alors que l'Armada était
en vue, qu'à Tilbury et à Gravesend il n'a pu trou
seule plate-forme en haut ou en bas, qui fût en état
de l'artillerie.

Cependant le pays se réveillait, et l'on était bien c
de la nécessité de prendre activement des mesures d
C'est alors que, pour la première fois, on parle d'un
de batteries pour la défense de la Medway (2), et
années plus tard, de fortifications permanentes à
Haven. On ordonne aussi de réparer et d'armer des
moins importants à Rye, à Eastbourne (3), à Hasting

Il serait trop long d'insister sur les mesures d
moins importantes prises par les successeurs d'Élis
passe à l'année 1666, où l'Angleterre se trouvait e
avec la France, le Danemark et la Hollande, et où, s
pression de Macaulay, « la chambre des communes
empressement des sommes sans exemple dans notre h
pour mettre le pays en état de défense. Cette époque
intérêt particulier, comme montrant ce qu'on fais

(1) Tous les deux sur la Tamise, à 37 kilomètres de Lond
(2) Rivière qui se jette dans la Tamise, à Sheerness.
(3) Port du comté de Sussex.

tre flotte, comme le dit Macaulay, n'existait que sur le et que l'ennemi était maître de la mer.

énieur en chef de cette époque, sir Bernard de Gomme, homme qu'il fallait dans des circonstances si difficiles, sa direction on n'épargna rien pour mettre le pays de résister.

rtsmouth, les vieux murs de terre élevés par le roi VIII étaient tombés en ruines ; on ordonna et l'on exé- nouvelles fortifications. La plus grande partie de ces es, qui sont à peu près les mêmes que ceux appelés de rs « lignes de Portsmouth », fut achevée au mois de 1667. Les fortifications de Gosport (1), qui n'entou- autrefois que la ville même, quoique projetées et commencées à cette époque, ne furent terminées que us tard. Les fortifications de l'île de Wight furent exa- avec soin, et grâce aux efforts de tous, cette position va bientôt si bien défendue, que nous lisons dans des interceptées des amiraux hollandais de Ruyter et de ttres du mois de juillet 1667, remarquons-le bien, que de Portsmouth et de l'île de Wight les a empêchés d'ef- l'attaque qu'ils projetaient. A Plymouth, on construi- tadelle de la Hoe, et à Douvres, à Weymouth (2), à uth (3) et aux îles Scilly (4), on augmenta les fortifi- C'est alors qu'on fortifia Sheerness (5) ; et Pepys dans son journal que le roi Charles II et son frère, l'York, sont allés à Sheerness visiter le terrain choisi Bernard de Gomme pour l'emplacement du nouveau lgré cela, les travaux ne furent pas achevés assez tôt npêcher les canons qui devaient les armer d'être pris otte hollandaise de Ruyter en 1667, lorsque cet ami- onta la Medway jusqu'à Chatham (6). On ajouta aussi ifications de Gravesend, de Tilbury et de Woolwich, et de Londres accorda 10 000 livres sterling pour les tra- défense de la Tamise et de la Medway. Les châteaux (7), de Walmer (8) et de Sandown (9) firent gazonner mparts ; mais l'histoire raconte qu'à Sandwich, « les ux magistrats ont continué leurs disputes ordinaires ncé à se fortifier ».

côte orientale aussi, l'infatigable sir Bernard donna rière à son activité, et fit élever à Harwich (10) des ou- ui servirent à repousser la flotte hollandaise au mois t 1667. Au nord, des fortifications furent élevées ou à Tynemouth (11), à Scarborough (12), à Bridlington- 3) et à Hull (14).

sans doute, encore d'autres fortifications faites ou tées à cette époque ; mais les travaux que nous venons sont les plus importants qui aient été faits jusqu'à la paix conclue entre l'Angleterre et les nations voisines, dans l'automne de 1667.

Rien de nouveau ne semble avoir été entrepris pour fortifier les côtes jusqu'au milieu du règne de la reine Anne, époque où le roi de France songea à envahir l'Angleterre pour soutenir les droits du Prétendant. Le pape appuya ce projet de son argent et de ses prières. On se prépara donc en Angleterre à augmenter toutes les fortifications, ou du moins on acheta les terrains nécessaires pour cela. A Portsmouth, à Harwich et à Chatham, de grands achats furent faits avec l'autorisation du parlement ; mais, si j'en excepte un fort bâti à Portsmouth, les travaux ne furent commencés dans ces localités que près de cinquante ans plus tard.

Il faut attendre le règne de George II pour voir exécuter quelques travaux importants : je veux parler des fortifications de Chatham et de Devonport, qui furent commencées vers la fin de ce règne. L'extension des fortifications de Gosport, les batteries de Southsea, et un petit ouvrage plus tard remplacé par le fort Cumberland, sont de la même époque. On ordonnait en même temps la construction de plusieurs batteries à Milford-Haven et sur différents points de la côte méridionale. Tous ces préparatifs étaient motivés, selon le préambule de l'ordonnance du roi George II, par « l'invasion injuste et hostile des domaines de Sa Majesté en Amérique et dans la Méditerranée, et par les grands préparatifs faits en France pour envahir ces royaumes. »

Vers le milieu du règne de George III, pendant que le duc de Richmond était grand maître de l'artillerie, et pendant la guerre de la révolution française, les défenses de nos côtes furent grandement accrues. A Portsmouth, on éleva les fortifications de Portsea et celles d'Hilsea ; on refit complétement le fort Cumberland, et l'on y ajouta le fort Monckton aux défenses du côté de l'ouest ; quelques batteries furent aussi élevées à la baie de Stokes. Vers le même temps, on fortifiait Sheerness et l'on faisait des additions considérables aux ouvrages de Douvres. On improvisait aussi un grand nombre d'ouvrages de terre sur différents points des côtes, mais on les laissa tomber en ruines après la guerre. A Plymouth, des achats considérables de terrains, sur plusieurs points autour de la ville et de l'arsenal, servaient à élever les fortifications de Devonport. Entre autres ouvrages construits à cette époque, nous pouvons signaler les lignes de redoutes et de casernes bâties dans la position connue sous le nom de hauteurs de Maker. Pitt, qui s'intéressait personnellement à ces questions, avait voulu élever une citadelle sur ces hauteurs, mais sa proposition, pour augmenter nos fortifications de Portsmouth et de Plymouth, fut rejetée à la majorité d'une voix, celle du président de la chambre.

Après cela, pendant cinquante ans, nous suivîmes l'exemple des magistrats de Sandwich, et « nous cessâmes de nous fortifier ». La plupart se berçaient de rêves de paix perpétuelle, dont ils furent brusquement tirés par la grande guerre de Crimée.

Nous arrivons maintenant aux efforts de la génération actuelle, et jamais la question des défenses du pays n'a présenté plus de difficultés.

La vapeur, les canons rayés, les vaisseaux blindés, qui ont entraîné l'emploi d'une artillerie d'une puissance énorme, telles sont les conditions nouvelles dont nous avons à tenir compte depuis quelques années. Et nous pouvons le dire avec confiance, si nous ne sommes supérieurs à tous, nous ne le

---

rt du comté d'Hampshire, en face de Portsmouth.
nté de Dorset, à l'embouchure du Wey.
nté de Devon, à l'embouchure du Dart.
hipel au S. O. de l'Angleterre, à 66 milles du cap d.
confluent de la Medway et de la Tamise.
18 kilomètres de Londres.
nté de Kent, sur le détroit.
m.
m.
omté d'Essex.
mté de Northumberland.
mté d'York.
em.
em.

cédons à personne dans ce que nous avons fait pour nous tenir à la hauteur des progrès faits à notre époque dans l'art de la défense des côtes.

Je passe maintenant aux *principes* qui doivent nous guider aujourd'hui dans la défense du pays.

Depuis les époques dont j'ai eu occasion de parler, l'empire anglais s'est considérablement accru, et nos charges ont nécessairement subi un accroissement proportionnel. Pour la défense générale d'un si vaste empire, nous devons surtout et avant tout compter sur notre flotte. C'est la flotte qui doit former notre première ligne de défense contre une invasion ennemie, maintenir nos communications avec nos possessions lointaines, enfin protéger notre commerce et nos intérêts au dedans et au dehors.

Mais les bases d'opération de notre marine sont nos ports, nos magasins et nos arsenaux, dans lesquels nos flottes et nos escadres viennent s'abriter, s'équiper et prendre du charbon. Ainsi, en Angleterre, nous avons les établissements maritimes de Portsmouth, de Plymouth, de Chatham et de Pembroke (1); au dehors, ceux des Bermudes, de Malte, de Gibraltar et d'autres encore. Ces places sont les racines de notre puissance maritime, et il leur faut une protection spéciale contre les attaques qu'elles peuvent avoir à essuyer en l'absence de la flotte, de la part d'une flotte ennemie, soit seule, soit soutenue par des troupes de terre.

Si notre flotte pouvait être assez forte pour tenir tête à celles des autres nations sur tous les points ou nous serions attaqués par les flottes ou les croiseurs de l'ennemi, la question de la défense de nos arsenaux maritimes serait résolue.

Mais il ne faut ni beaucoup de réflexions, ni de longs calculs pour montrer que même les ressources de ce pays, en hommes ou en argent, ne nous permettraient jamais d'entretenir sur mer les forces énormes qu'il faudrait pour défendre ces sources de notre puissance navale, et en même temps protéger notre commerce, ou empêcher l'ennemi soit de débarquer sur nos côtes, soit d'attaquer nos ports marchands disséminés sur toute la surface du globe.

Quand même il nous serait possible d'entretenir une flotte qui suffise à toutes ces exigences, un tel emploi de nos ressources nationales entraînerait des dépenses bien supérieures à celles que nécessiterait l'usage d'autres moyens de défense. Les frais de construction d'une pareille marine seraient énormes, et se répéteraient tous les vingt ou trente ans; les frais d'entretien seraient grands et continuels.

De plus, si les différentes divisions de notre marine étaient destinées à protéger les arsenaux où elles sont armées, ce serait faire servir la flotte à soutenir les arsenaux, au lieu de faire servir les arsenaux à soutenir la flotte. D'ailleurs, chaque division de notre marine, ainsi dispersée sur tout le globe, serait exposée à être accablée par les forces concentrées de l'ennemi.

Il faut donc, outre la marine, d'autres moyens de défense pour ces pépinières de la flotte.

Nous considérerons, en premier lieu, les moyens qu'on doit employer pour défendre ces places contre une attaque par mer.

Ces moyens sont, *au-dessus de l'eau, de gros canons, et, sous l'eau, des mines puissantes,* disposés nécessairement à une distance convenable en avant du point qu'ils sont à défendre.

Des estacades, des radeaux, des chaînes ou des fi[...] vent aussi être employés pour fermer les passes; m[...] tention qui s'est portée pendant ces dernières an[...] l'application des mines sous-marines rend moins im[...] ces obstacles *inertes.*

Considérons donc les obstacles *actifs,* les mines [...] rines.

Ces mines sont maintenant nécessaires, dans la pl[...] cas, pour fermer le passage aux vaisseaux, et les ten[...] feu des batteries placées au-dessus de l'eau; leur im[...] s'est encore accrue depuis qu'on blinde les flancs [...] seaux, dont la partie la plus vulnérable se trouve p[...] quent être le fond.

Ces mines sont de deux espèces, celles qui partent [...] moyens *mécaniques,* et celles dont l'explosion est prod[...] l'*électricité.*

Celles qui partent par des moyens mécaniques doi[...] de dimension à contenir environ 150 livres de poudr[...] sont bien plus économiques que les autres, et peu[...] plus rapidement mises en position; de plus, leur no[...] en quelque sorte illimité. Mais elles ne peuvent ser[...] les endroits où il est nécessaire de laisser le passag[...] aux vaisseaux amis.

C'est alors qu'il faut se servir de torpilles électriq[...] les-ci permettent à un vaisseau ami de les franchir e[...] tandis que l'ennemi qui le poursuit peut être coulé [...] l'on ferme le circuit électrique. Pour les charger, il [...] viron 1000 livres de poudre, ou 400 livres de coton[...] leur explosion détruit un vaisseau, non-seulement [...] est juste au-dessus, mais même toutes les fois qu'u[...] quelconque du bâtiment n'est pas à plus de quarant[...] quante mètres de la torpille.

C'était autrefois la mode, dans ce pays, même [...] hommes du métier, de dire que ce moyen de défense [...] rait servir dans la pratique; mais l'opinion a bien cha[...] ce point, depuis quelques années. L'emploi des min[...] marines, combiné avec celui des forts et des batte[...] tantes, est d'une immense importance, non-seulem[...] la défense de nos grandes stations navales, mais au[...] celle de nos ports du second ordre et pour la protec[...] toutes les places du littoral.

Le rôle important réservé aux mines sous-marines [...] défense des côtes ne m'avait pas échappé, et dès 186[...] l'honneur de proposer à lord Grey qu'un comité [...] fût nommé pour étudier la question de leur applica[...] défense des ports, et faire un rapport à ce sujet.

Lord Grey reconnut sur-le-champ l'importance [...] enquête, et nomma un comité qui, après des reche[...] des expériences prolongées, a fait un rapport fort [...] et fort intéressant sur la question.

Nous sommes dès aujourd'hui en état d'appliquer ce[...] de défense, partout où il sera nécessaire à la protectio[...] ports et des autres points de nos côtes; et nous devons [...] cier le comité des résultats essentiellement pratiqu[...] quels nous pouvons maintenant arriver dans l'empl[...] moyen de défense important et économique.

On a quelquefois demandé si l'application des min[...] marines ne rendrait pas inutile l'emploi des forts et d[...] ries contre l'attaque d'une flotte ennemie.

(1) Pays de Galles.

pour ne pas dire plus, de soutenir qu'une invasion est impossible par cela seul qu'elle est difficile.

Il est évident que le but de l'ennemi serait d'arriver à Londres : par là, non-seulement il tiendrait le cœur de notre commerce et le siége du gouvernement, mais il se rendrait maître de Woolwich, notre principal arsenal militaire.

Supposons que l'ennemi ait réussi à débarquer, et qu'il marche sur Londres ; nous lui barrons le passage à l'aide de notre armée régulière, soutenue de tous les hommes en état de porter les armes, en corps plus ou moins disciplinés, et appuyés sur tous les ouvrages qu'on a pu improviser au moment de l'attaque prévue. Mais, comme la partie principale de nos forces, la mieux disciplinée, doit être employée à couvrir la capitale, nous devons concerter notre plan de défense de manière à avoir besoin du plus petit nombre possible de soldats exercés pour défendre les autres points du pays qui doivent être gardés, mais que le corps d'armée principal ne pourrait couvrir.

Portsmouth et Plymouth, par exemple, sont, pour cette raison, couverts du côté de terre par des fortifications qui permettent à un nombre assez faible de soldats encore peu aguerris, soutenus par un faible corps régulier, d'empêcher la prise ou le bombardement de ces places, tandis que l'armée principale est occupée à défendre Londres et Woolwich.

On s'imagine souvent à tort que, parce que les places que je viens de nommer sont fortifiées, elles exigent de plus nombreuses garnisons. C'est le contraire qui est vrai. Quand même toute la ligne des forts du côté de terre, soit à Plymouth, soit à Portsmouth, serait complétement garnie à la fois — chose tout à fait inutile, puisqu'il n'est pas nécessaire de garnir complétement plus de la moitié de la ligne à la fois — même alors, il ne faudrait dans chacune de ces places qu'environ six ou sept mille hommes, dont une très-petite partie seulement de troupes régulières. Le reste des garnisons se composerait de corps mobiles, *indispensables* dans tous les cas pour la défense de ces places, mais qui, *sans* les forts, doivent être assez nombreux et assez aguerris pour se mesurer avec l'ennemi en rase campagne, tandis qu'*avec* les forts, ils peuvent être bien moins nombreux, et n'ont besoin que de savoir soutenir le combat à l'abri des ouvrages fortifiés qu'ils défendent.

Si nous n'avons pas de fortifications, l'ennemi n'a qu'à détacher 15 ou 20 000 hommes de son corps d'armée principal, pour détruire en quelques jours tous nos vaisseaux et tous nos établissements maritimes à Portsmouth. *Si nous avons des fortifications*, il faut qu'il y emploie une armée au moins trois fois plus nombreuse ; il lui faut de plus un temps considérable pour entreprendre un siége régulier.

Si nous n'avons pas de fortifications, toutes les forces que nous pourrions, en cas d'invasion, consacrer à la défense de ces deux places, ne sauraient protéger ni l'une ni l'autre contre les attaques de 15 000 hommes de troupes régulières. *Si nous avons des fortifications*, il sera toujours facile de trouver et le nombre et l'espèce de soldats nécessaires pour garder ces pépinières de notre marine.

Sans fortifications, ces deux places tombent dès que l'ennemi a remporté une victoire décisive sur l'armée en campagne. *Avec des fortifications*, ces places nous restent malgré nos revers, et nous permettent de sauver notre puissance navale dans un moment où le pays a besoin de toutes ses ressources pour regagner les positions qu'il vient de perdre.

Quelques mots avant de conclure. On nous dit souve
ces travaux sont improductifs, et cela est vrai dans un
mais qui peut dire l'influence que des mesures de d
permanentes peuvent avoir sur la position de notre pa
crois, pour ma part, qu'elles ne peuvent qu'assurer la
le développement de la prospérité de l'Angleterre.

Mais on nous fait d'autres objections. On répète q
inutile de construire des fortifications permanentes,
que chaque siècle amène des inventions qui rendent i
les efforts de la génération précédente. Cependant l'h
n'est pas en faveur de cette opinion. De nos jours,
parti d'ouvrages élevés par Henri VIII, il y a plus de tr
cles. De même, les ouvrages construits par Charles II,
des rois George II et George III, font partie du système
tifications que nous adoptons en ce moment.

On ajoute que ces mesures sont trop coûteuses. Le f
cependant, qu'à l'aide des fortifications nous pouvons dé
l'empire avec moins d'hommes, de vaisseaux, qu'il n'e
drait autrement ; il y a donc là une grande économi
faut pourvoir d'*une manière quelconque* à la défense du
ce n'est qu'avec des fortifications que nous pouvons av
système de défense *économique*.

Et puis, nous dit-on, les fortifications ne servent qu'à
mer les troupes. Je vous ai montré, au contraire, qu'elle
permettent d'utiliser nos forces auxiliaires, et laissent
notre armée régulière.

D'ailleurs, objecte-t-on, nous devons compter sur no
rine : mais le grand avantage des fortifications est d
mettre à la flotte de bien faire son devoir. Sans dout
surtout sur notre marine qu'il faut compter ; mais c
pas une raison pour l'attacher à nos côtes !

Enfin, on nous dit que l'ennemi n'approchera jamais
fortifications ; à cela je réponds que c'est justement po
gner l'ennemi qu'elles sont faites.

Je me résume. La vérité est que, pour produire un s
de défense qui soit à la fois efficace et économique, le
le soldat et l'ingénieur doivent tous agir, chacun d
sphère. La marine et l'armée, voilà le principe vital d
défense ; les fortifications des arsenaux, voilà les cen
refuge et d'action pour toutes deux. Supprimez les fo
tions, et vous ne pouvez plus tirer parti des forces acces
l'armée ne suffit plus à sa tâche ; la marine, dispers
trouve plus sur les côtes ni asile sûr, ni base d'opératio

W. F. D. JERVOIS,

Colonel du corps royal du génie

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la fin
et qui désirent à cette occasion changer les conditions de leur s
tion et profiter des avantages que leur présente, soit l'abonnem
an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscription a
Revues des cours scientifiques et *littéraires*, sont priés d'averti
diatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat sur
ou des timbres-poste.

Les abonnés qui, d'ici à la fin de mai, n'auront fait parveni
avis au bureau de la *Revue* seront considérés comme désirant c
leur abonnement dans les mêmes conditions. En conséquence,
vront par l'entremise des porteurs, soit à Paris, soit dans les
ments, une quittance analogue à celle qui leur a été déjà remis
leur première souscription.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLI

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON

REVUE

DES

:OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

XIÈME ANNÉE NUMÉRO 27 5 JUIN 1869

CONFÉRENCES DE HEIDELBERG

M. H. HELMHOLTZ

de la Société royale de Londres

rogrès récents dans la théorie de la vision (1)

III

DES PERCEPTIONS VISUELLES.

:ouleurs, dont nous nous sommes occupés dans la par-écédente, sont un des plus beaux ornements de la et elles nous aident aussi à distinguer et à reconnaître ets ; mais leur perception est bien moins importante lle des *dimensions dans l'espace*, perception que l'œil ›urnit avec une rapidité et une variété de conditions ue, sous ce rapport, aucun sens ne peut se mesurer i. Dans les appréciations de ce genre, le toucher nous sans doute des indications plus complètes : il nous gne immédiatement sur la résistance, la masse et le Mais, d'une part, le toucher ne peut s'exercer que ù nous pouvons atteindre, et, d'autre part, quand it de petites longueurs, ses appréciations sont loin aussi fines que celles dont la vue est capable. Ce-it, ainsi que le démontrent les observations faites aveugles-nés, le toucher suffit parfaitement, sans le de l'œil, pour développer en nous les notions d'es-)n peut même se convaincre que le toucher nous sert nment pour contrôler et corriger au besoin les notions e fournies par l'œil, et que nous nous en rapportons s en dernier ressort aux renseignements fournis par La vue et le toucher, ces deux sens si diversement se complètent l'un l'autre de la manière la plus heu-lans l'accomplissement de leur tâche commune. Tan-le toucher, dans lequel nous avons une entière con-ne peut sortir de l'étroit horizon auquel il est borné, s'étend à l'infini, aussi loin que peut s'élancer l'imagi-la plus hardie.

relation est de la plus grande importance pour le ui nous occupe actuellement. En effet, nous n'avons ici qu'au sens de la vue ; comme celui du toucher suffit évelopper complétement chez l'homme les notions d'es-nous pouvons considérer d'abord ces notions comme stantes dans ce qu'elles ont d'essentiel, et nous borner à cher comment se produit la concordance entre les no-tions que la vue et le toucher nous donnent de l'espace. Nous réserverons, pour la traiter en dernier, la question de savoir comment les perceptions sensuelles peuvent se transformer en notions d'espace.

Pour peu qu'on y fasse attention, on reconnaît tout d'abord que la perception d'impressions par différents appareils nerveux est loin d'entraîner nécessairement la notion de causes séparées dans l'espace. C'est ainsi que nos sens peuvent percevoir dans une même salle de la lumière, de la chaleur, les différents sons d'un accord et une odeur, et que nous reconnaissons pourtant la présence simultanée de tous ces agents dans l'air de la salle. De même, une couleur composée excite sur notre rétine trois sensations élémentaires que nous ne séparons pas, bien qu'elles résident probablement dans des nerfs différents. Une corde d'un instrument de musique, une voix humaine, émettent simultanément un son fondamental et une série d'harmoniques qui ébranlent probablement autant de nerfs différents, et la sensation n'en reste pas moins indivise. Enfin, une foule d'aliments affectent différemment les diverses parties de la langue et agissent sur notre odorat au moment de la déglutition, et pourtant nous réunissons généralement les impressions qui atteignent ces différents systèmes nerveux en une seule, que nous appelons le goût de ces aliments.

Il suffit assurément d'un peu d'attention pour reconnaître par quelles parties de notre corps ces différentes impressions nous parviennent ; mais de cette connaissance il ne résulte pas pour nous la nécessité de localiser en différents points de l'espace l'objet qui cause en nous ces sensations.

Dans la manière dont s'effectue la vision, nous trouvons un fait de ce genre : c'est la vision binoculaire, qui est simple, malgré la séparation des impressions reçues sur les deux rétines. On comprend que c'est là un cas particulier d'une loi bien plus générale.

Si donc la rétine reçoit une image des objets qui remplissent le champ visuel, et si les différentes parties de cette image excitent des fibres différentes, cela ne constitue pas encore une raison suffisante pour attribuer ces sensations à des parties différemment situées dans le champ visuel. Il faut évidemment l'intervention de quelque chose qui nous conduise à la notion d'après laquelle ces impressions correspondent à des points différents de l'espace.

Ce même problème se pose évidemment à nous d'une manière analogue pour le toucher. Lorsque la peau est touchée simultanément en deux points, il en résulte l'excitation de deux fibres sensibles. Mais la séparation de ces fibres ne suffit pas pour que nous reconnaissions avoir été touchés en deux points différents et par deux objets différents. Bien plus,

(1) Voyez ci-dessus, pages 210 et 322, numéros des 6 mars et 1 1869.

notre jugement peut dépendre de circonstances accessoires. Lorsque nous appuyons sur la table un doigt de chaque main, si nous sentons un grain de sable sous l'un et l'autre de ces doigts, il se forme en nous la perception de deux grains de sable. Si maintenant nous appuyons les deux doigts l'un contre l'autre en interposant un seul grain de sable, il se peut que ce grain soit senti par les deux mêmes fibres que précédemment, et pourtant la perception se réduit à celle d'un grain unique. Il est patent qu'ici la connaissance simultanée de la position de nos membres exerce son influence sur la notion que nous nous formons, et l'on sait que lorsque nous nous faisons une idée fausse ou incomplète de la position de nos doigts, lorsqu'ils sont croisés par exemple, nous croyons sentir deux objets lorsqu'il n'y en a véritablement qu'un seul.

Quel est donc l'élément qui vient ajouter ses effets à ceux de l'état d'isolement des nerfs sensibles, et qui vient nous donner ici la notion correcte de la séparation des objets dans l'espace? Nous tombons ici dans une discussion qui n'est pas encore close. Les uns répondent, avec Jean Müller, que l'organe sensible, rétine ou peau, se sent lui-même dans l'espace par suite d'une notion innée, et que nous transportons les impressions reçues à l'endroit où nous sentons la partie correspondante de l'organe. Nous désignerons cette opinion sous le nom de *théorie nativistique* des notions d'espace. Elle coupe court à toute recherche relative à l'origine de ces notions, puisqu'elle les considère comme quelque chose d'originel, d'inné, comme n'étant pas susceptible d'explication.

L'opinion rivale a déjà été exprimée sous sa forme générale par les sensualistes anglais, tels que Molineux, J. Locke, Jurine. Son application à la physiologie de la vision n'a pu être faite que tout récemment, ayant dû être précédée, entre autres, de l'étude des mouvements des yeux. C'est surtout grâce à la découverte du stéréoscope par Wheatstone, que les difficultés et les contradictions de la théorie nativistique devinrent sensibles; on fut conduit à chercher alors une solution plus conforme aux idées des sensualistes, et à laquelle nous donnerons le nom de *théorie empiristique* de la vision. Cette théorie admet que nos sensations ne nous donnent, relativement aux objets et aux phénomènes extérieurs, que des signes dont la signification nous devient familière par l'expérience et l'habitude. D'après cette théorie, la perception des positions dans l'espace s'apprend d'abord par les mouvements que nous exécutons; celle des positions dans le champ de vision est attribuable particulièrement aux mouvements des yeux. Il est clair que, tout aussi bien que la théorie nativistique, la théorie empiristique doit admettre entre les sensations fournies par les divers points de la rétine des différences particulières attribuables seulement à leur différence de position : en effet, s'il n'en était pas ainsi, il serait impossible d'expliquer les localisations dans le champ de vision. Il est nécessaire que la sensation du rouge qui atteint la rétine à droite, diffère en quelque façon de celle du rouge qui atteint cette même rétine à gauche, et il faut que la différence entre ces deux sensations de rouge soit autre que la différence entre deux sensations de rouge, inégales, mais éprouvées successivement au même endroit de la rétine. Nous nommerons, avec Lotze, *signe local* de la sensation, cette différence entre les sensations que la même couleur produit en divers endroits de la rétine, et cela sans que nous sachions définir jusqu'ici la nature de cette différence. Je considère comme prématuré de construire des hypothèses quelcon[...] sur la nature de ces signes locaux; il nous suffit de dire [...] leur existence est une conséquence irréfragable de la pe[...] tion des différences locales dans le champ de vision.

Telle est donc la différence entre les deux opinion[...] présence. La théorie empiristique considère les signes lo[...] comme des signes quelconques, peu lui importe leur na[...] elle veut que la signification de ses signes relativemen[...] perception du monde extérieur puisse être et soit réelle[...] un résultat d'expérience. Il devient inutile alors de pr[...] poser un accord quelconque entre les signes locaux [...] différences locales qui leur correspondent. Suivant la th[...] nativistique, au contraire, les signes locaux ne seraient [...] moins que des notions immédiates des différences lo[...] de leur nature et de leur grandeur à la fois. On comp[...] donc que nous sommes engagés ici dans la lutte ent[...] deux systèmes philosophiques, dont l'un admet une harm[...] préétablie entre les lois de la pensée et celles du m[...] extérieur, et dont l'autre cherche à déduire de l'expér[...] toute la conformité qui peut exister entre le monde exté[...] et nos idées.

Tant que nous nous bornons à considérer un cham[...] perficiel dont les diverses parties ne sont pas sensible[...] à une distance différente de l'œil; tant que nous ne r[...] dons, par exemple, que le ciel et les lointains du pay[...] les deux théories rendent à peu près également [...] compte de la perception des dimensions dans ce ch[...] L'image formée sur la surface rétinienne répond à l'i[...] superficielle dont nous acquérons la notion. Les désac[...] ne sont pas de nature assez grave pour ne pouvoir se con[...] avec la *théorie nativistique*, au moyen d'explications ou [...] pothèses relativement simples.

Le premier désaccord consiste dans la position renv[...] de l'image rétinienne; c'est là une ancienne pierre d'a[...] pement de la théorie de la vision, et qui a donné lieu [...] hypothèses les plus diverses, parmi lesquelles les deux [...] vantes ont conservé le plus d'adhérents. D'après l'une, [...] formément aux idées de Jean Müller, il faut, dans les no[...] que nous fournit la vue, ne considérer les idées de haut [...] bas que comme relatives, comme indiquant simplemen[...] rapports entre les positions des différents objets; on a[...] alors que l'accord entre le haut et le bas, tels que no[...] percevons par le toucher et par la vue, est attribuable à [...] périence que nous pouvons acquérir en regardant et en t[...] à la fois. D'après la seconde de ces théories, on pourrai[...] mettre, avec L. Fick, que dans le cerveau, où elles parvien[...] nécessairement toutes pour donner lieu aux perception[...] fibres visuelles et sensitives soient groupées, les unes par [...] port aux autres, d'une manière convenable pour pro[...] l'accord entre le haut et le bas, la droite et la gauche; [...] thèse qui manque actuellement du plus léger fonde[...] anatomique.

La seconde difficulté que rencontrent les théories na[...] tiques, c'est que nous voyons simple, malgré la présen[...] deux images rétiniennes. On se tira d'affaire en adm[...] que les deux rétines, excitées simultanément, n'amène[...] cerveau qu'une sensation unique, les points *correspon*[...] ou *identiques* des deux rétines étant accouplés deux à [...] Au premier abord, cette hypothèse paraît reposer sur [...] base anatomique : les deux nerfs optiques se croisent e[...] nètrent réciproquement l'un dans l'autre, avant de se p[...]

erveau. De plus, des faits pathologiques paraissent ue les fibres des moitiés droites des deux rétines se l'hémisphère cérébral droit, que celles des moitiés e rendent à l'hémisphère gauche. Mais de l'accole- fibres correspondantes à leur fusion, il y a loin, et nnait aucun fait anatomique qui prouve que les unissent de la même manière que les troncs nerveux. x difficultés que nous venons de signaler n'existent la *théorie empiristique*, à laquelle il suffit que le signe imple ou composé, soit reconnu comme signe de el. Celui qui ignore l'existence des deux rétines, es renversées qu'elles reçoivent, qui n'a entendu des fibres nerveuses, ni de la transmission de la au cerveau, ne doute pas de l'exactitude de ses per- visuelles. Peu lui importe l'existence de deux ima- ennes et leur renversement. Il connaît les impres- l'œil lui transmet en présence de tel ou tel objet elle ou telle façon, et cela lui suffit. Or, deux cir- s nous permettent d'apprendre la signification des aux relatifs à nos sensations visuelles : d'une part, ous voyons les parties mobiles de notre corps, il possible, après avoir acquis par le toucher les espace et de mouvement, d'apprendre quelles sont cations que tel ou tel mouvement de la main peut dans nos impressions visuelles ; d'autre part, lors- déplaçons l'œil, et par suite la rétine, cette mem- éplace par rapport à l'image rétinienne, qui reste s immobile, et nous apprenons de cette manière on que produit le même objet sur différentes par- rétine. L'image rétinienne invariable que les diffé- vements de l'œil font se déplacer sur la rétine se comme un compas qu'on promènerait sur un dessin nnaître l'égalité ou l'inégalité des différentes dis- on y rencontre. Quand même, ce que je suis loin de comme vraisemblable, les signes locaux de la sen- ient disséminés sans ordre ni système aucun, le ue nous venons d'indiquer permettrait de recon- ls sont ceux qui se correspondent, et quelles sont, férentes régions de la rétine, les longueurs qui ré- des distances égales entre elles dans le champ

l avec cette hypothèse, les expériences de Fechner, nn et les miennes ont montré que, même pour e et parfaitement formé, la comparaison de dis- d'angles ne se fait avec exactitude, dans le champ dans le seul cas où les mouvements normaux permettent d'amener ces distances ou ces angles successivement la même ligne ou le même angle de la rétine.

ence que je vais décrire permet, du reste, de mon- ien, même chez l'adulte, l'accord entre les per- ctiles et visuelles repose sur une vérification con- permet la vision de nos mains. Qu'on se mette yeux des lunettes garnies de verres prismatiques; si éfringentes de ces prismes sont situées verticalement te de l'observateur, l'effet des verres est que tous les issent déplacés vers la droite. Après avoir regardé travers ces lunettes sans avoir laissé apparaître les s le champ visuel, si l'on ferme les yeux et qu'on saisir l'objet, on passe infailliblement à sa droite. ssant les yeux ouverts, on porte lentement la main vers l'objet, on ne se trompe plus : il est facile de mouvoir la main de telle sorte que son image vienne toucher celle du point qu'on veut atteindre. Il suffit de palper l'objet pendant une ou deux minutes avec la main sans la perdre de vue, pour établir entre la vue et la main un accord tellement parfait, qu'on ne se trompe plus lorsqu'on veut saisir les objets après avoir fermé les yeux. Bien plus, on ne se trompe pas davantage si l'on vient à se servir de l'autre main qui n'a pas encore été employée dans l'expérience. Ce n'est donc pas le toucher qui s'est mis d'accord avec les fausses images fournies par la vue ; c'est la perception visuelle qui s'est adaptée à la perception tactile et s'est laissée rectifier par elle. Si l'on vient, après quelque temps, à ôter les lunettes sans regarder les mains, et qu'on ferme les yeux quelques instants plus tard, la main se trompe de nouveau, et passe cette fois à gauche des objets : la relation qui s'était établie entre les perceptions visuelles et tactiles continue son effet, tandis que nous avons remis les choses dans leur état normal.

Il nous suffit de faire des préparations sous le microscope composé, qui renverse les images, ou même de se raser devant une glace, pour apprendre à diriger nos mouvements d'après une perception visuelle différente de celle à laquelle nous sommes habitués.

Nous n'avons eu affaire jusqu'ici qu'à la notion d'un champ superficiel, ou à deux dimensions, et comme sa représentation était jusqu'à un certain point analogue aux images rétiniennes, les faits pouvaient s'accorder à peu près également bien avec l'une ou l'autre des deux théories en présence. La chose se présente tout autrement lorsqu'on passe à la vision d'objets voisins pour lesquels il faut tenir compte de la profondeur, ou troisième dimension : il se manifeste alors une différence essentielle et radicale, d'une part entre les images que reçoivent les deux rétines, et d'autre part entre ces images et le monde extérieur ou la notion exacte que nous nous en formons. C'est sur ce terrain qu'il faut chercher la solution du débat qui nous occupe ; et en effet, depuis nombre d'années, la théorie de la perception du relief, et celle de la vision binoculaire, à laquelle nous devons principalement cette perception, a été un champ de bataille sur lequel se sont heurtées les recherches et les opinions les plus diverses. On comprend en effet, d'après ce qui précède, que les questions qui se présentent ici sont d'une importance d'autant plus capitale, que leur solution intéresse l'ensemble des connaissances humaines.

Chacun de nos yeux reçoit sur sa rétine une image qui n'est étendue qu'en surface. Quelle que soit la disposition qu'on veuille assigner à la conduite nerveuse, aucune hypothèse ne permet de représenter, dans le cerveau, l'ensemble des deux images rétiniennes par autre chose que par une image superficielle. Or les deux images superficielles réunies nous donnent la notion d'une image corporelle. Comme lorsqu'il s'est agi des couleurs, nous trouvons ici une quantité de plus dans le monde extérieur que dans la sensation ; mais cette fois la notion à laquelle nous parvenons ne le cède en rien à la multiplicité de forme des objets. Il est important d'en faire la remarque : la notion de la troisième dimension est chez nous aussi vive, aussi immédiate et aussi exacte que celle des deux autres. Quand nous sautons d'un rocher à l'autre, notre salut dépend tout autant de l'appréciation de la distance à franchir que de celle de la direction suivant laquelle nous devons sauter. Cette seconde appréciation n'est

relative qu'à la position dans le champ visuel, et, l'expérience nous l'apprend, elle ne se fait ni plus vite ni plus exactement que celle de la distance.

Comment la notion de distance peut-elle se produire? Commençons par examiner les faits.

Il faut remarquer d'abord que nous distinguons jusqu'à un certain point le relief et l'éloignement des objets, alors même que nous ne faisons usage que d'un œil, et cela sans déplacer la tête. Les circonstances qui nous facilitent cette appréciation sont peu différentes de celles que les peintres mettent à profit pour produire l'illusion du relief et de la distance, à laquelle nous attachons tant de prix. Voyons comment procèdent les paysagistes. Ils affectionnent les moments où le soleil est voisin de l'horizon, à cause des ombres vigoureuses qui accentuent mieux alors la forme des objets; ils aiment aussi une légère brume qui fait reculer les lointains. Les personnages, les animaux, objets dont la grandeur nous est connue, leur servent pour nous donner des repères relativement à la grandeur et à la distance apparente des autres objets représentés; les produits de l'industrie humaine, tels que les maisons, ont pour effet de donner avec exactitude la position de l'horizontale.

Les bâtiments, les machines, les ustensiles, sont les objets dont une perspective exacte nous donne le mieux une représentation complète. Nous savons que ces objets sont limités presque partout par des plans qui se coupent à angles droits ou par des surfaces soit sphériques, soit de révolution. Cette connaissance suffit pour nous permettre de compléter les renseignements fournis par le dessin. La structure symétrique du corps humain et des animaux facilite également l'intelligence de la représentation perspective de ces objets.

Lorsqu'il s'agit, au contraire, de représenter des corps de forme inconnue et tout à fait irrégulière, tels que des rochers, des blocs de glace, etc., nous voyons échouer l'art du peintre le plus habile; bien plus, la représentation rigoureusement fidèle que la photographie permet d'obtenir de ces objets ne nous offre souvent qu'un fouillis inintelligible de taches claires ou foncées. La contemplation des objets eux-mêmes nous permet au contraire de reconnaître sur-le-champ leur forme exacte.

C'est à l'un des peintres les plus illustres, presque aussi grand physicien qu'artiste, Léonard de Vinci, que revient l'honneur d'avoir nettement exprimé en quoi la meilleure peinture est nécessairement inférieure à la contemplation de l'objet réel. Dans son *Trattato della pittura*, il fit remarquer que nos deux yeux ne nous font pas voir le monde extérieur sous un aspect absolument identique. Chaque œil reçoit sur sa rétine une représentation perspective des objets environnants; mais, comme ces deux organes sont situés à quelque distance l'un de l'autre, la différence de point de vue entraîne une légère différence entre les représentations perspectives formées dans l'un et l'autre œil. Si, tenant mon doigt indicateur verticalement devant moi, je ferme alternativement l'œil droit et l'œil gauche, le doigt me cache alternativement sur le mur une partie située tantôt plus à droite, tantôt plus à gauche. Si je tiens la main droite verticalement devant moi, le pouce étant plus près de ma figure que le reste, suivant que je fais usage de l'œil droit ou de l'œil gauche, j'aperçois une partie plus grande du dos ou de la paume de cette main, et les choses se passent d'une manière analogue toutes les fois que nous regardons des objets

dont les différentes parties sont différemment éloignées
yeux. Mais si nous voyons en peinture une main
comme je viens de le dire, les deux yeux voient exac
la même représentation; ils voient chacun autant d
et de l'autre face de la main. Ainsi, tandis que les obje
donnent des images différentes aux deux yeux, une p
leur donne des images pareilles. C'est là une différenc
pression que l'habileté de l'artiste ne peut faire dispa

L'importance de la vision binoculaire pour la per
du relief a été mise en lumière d'une manière très-
quable par l'invention que Wheatstone a faite du stéré
Chacun connait cet instrument et l'illusion remar
qu'il est destiné à produire. Les objets représentés
raissent avec un relief aussi indubitable que si nous
devant nous les objets réels. Ce résultat s'obtient
sentant aux deux yeux des images un peu différentes
spective, et telles que chacun reçoit une image sen
à celle que lui donnerait l'objet réel. Si les images em
sont d'une bonne exécution, si ce sont, par exemple
photographies prises de point de vue un peu différent
pression produite est, abstraction faite de la couleur,
lument la même que si l'on se trouvait en présenc
réalité.

Les personnes qui sont suffisamment maitresses de
vements de leurs yeux n'ont pas besoin d'instrumen
fusionner deux images stéréoscopiques et obtenir l'imp
du relief: il leur suffit de diriger les regards de n
à fixer en même temps les points correspondants d
images. Mais, pour la plupart des observateurs, il e
commode d'employer des instruments dont l'effet
faire apparaitre les deux images au même endroit.

Dans l'instrument tel que Wheatstone l'avait c
d'abord, chaque œil regardait dans un miroir plac
quement par rapport à sa ligne visuelle, et les deux
étaient disposés latéralement, de telle sorte que leurs
réfléchies venaient occuper la même position dans l'
Chaque œil apercevait l'une de ces deux images.

Le stéréoscope à prismes, ou de Brewster, qui don
images moins nettes, s'est répandu davantage, à caus
commodité bien plus grande. Les deux dessins sont
même carton qu'on place au fond de la boite, laqu
partagée en deux parties par une cloison. En avant, so
verres convexes légèrement prismatiques, dont l'effet
loigner et de grossir un peu les images, tout en les dé
latéralement, de telle sorte que l'observateur croit les
même endroit; chaque œil voit l'image qui lui est de
et toutes deux paraissent être au milieu de la boite.

C'est surtout quand les autres éléments qui nous aid
néralement à reconnaître la forme des objets viennent
manquer, que l'illusion stéréoscopique se présente
manière plus saisissante : je citerai les figures géomé
au simple trait, telles que les représentations de c
ou bien encore les images d'objets très-irréguliers,
lorsque, ces objets étant plus ou moins transparents
ombres ne se présentent pas d'une manière qui nous
milière. C'est ainsi que chacune des deux photograph
réoscopiques de glaciers ne présente souvent à l'œil q
pect d'une marbrure irrégulière, tandis qu'en réuniss
deux par l'instrument, nous croyons voir les crevasse
glace, les jeux de la lumière qui la pénètre et jusqu'au
des surfaces glissantes du glacier.

s d'une fois, des monuments, des villes, des paysages 'avais vu des représentations stéréoscopiques ne m'ont ucune impression de nouveauté, chose qui ne m'était s arrivée lorsque je n'avais vu que des dessins ou des ux, qui ne peuvent jamais produire une sensation rable à celle que donne la réalité.

xactitude de la vision stéréoscopique est étonnante. Pour nner un exemple, citons une application que Dove en posée. Si l'on met dans un stéréoscope deux épreuves ues avec la même composition de caractères d'impri- ou la même planche gravée, ces images, parfaitement s, donnent évidemment une image résultante complé- t plane. Or l'adresse humaine n'est pas suffisante pour r les caractères ou les dessins d'une planche gravée avec exactitude telle qu'en mettant simultanément sous le scope deux épreuves obtenues avec les deux planches, nes lettres ou certaines lignes ne paraissent pas sortir an du papier. C'est là le moyen le plus facile de recon- des billets de banque faux : on met en même temps llet vrai et le billet suspect dans l'instrument, et l'on re- he si, dans l'image résultante, tous les traits paraissent ans le même plan.

te expérience est importante pour la théorie de la vision, se de la manière saisissante dont elle montre avec e délicatesse nous percevons les différences de relief ées par la différence entre nos images rétiniennes.

us devons rechercher maintenant comment deux images iennes différentes, superficielles toutes deux, peuvent, eur réunion, nous procurer une notion corporelle, celle corps à trois dimensions.

nstatons d'abord que les deux images superficielles four- par nos deux yeux sont réellement perçues. Quand je rde le mur de ma chambre en interposant mon doigt tenu calement, ce doigt, nous l'avons dit plus haut, cache à un des yeux une partie différente du mur; lors donc que ur est vu simple, le doigt paraît double.

mme, dans la vision ordinaire, nous ne nous occupons le distinguer les objets eux-mêmes, ces images doubles ppent à notr attention excepté dans des cas très-parti- rs. Pour les voir, il nous faut considérer le champ de n d'une tout autre manière; nous devons faire comme essinateur qui voudrait le reproduire. L'artiste cherche blier la véritable forme, la grandeur, la distance des s qu'il veut représenter. Il s'efforce de les voir simple- t tels qu'ils apparaissent dans le champ de vision super- l, pour les reproduire sur la superficie de son papier. Il it naturel de penser que telle est la manière originelle plus simple dont puisse s'exercer la vision; aussi la art des physiologistes l'ont-ils considérée jusqu'ici comme t la forme sous laquelle la notion s'impose immédia- ent à la sensation, et ont-ils considéré la vision du relief me un résultat d'étude, comme une représentation ac- e expérimentalement et résultant d'une manière secon- e d'exercer la vision. Mais il suffit d'avoir quelque peu iné pour savoir combien il est plus difficile d'apprécier et mesurer la forme apparente des objets dans le champ el que de reconnaître leur forme et leur grandeur véri- es. La notion de l'objet réel, dont le dessinateur ne peut léfaire, constitue en effet la plus grande difficulté du in d'après nature.

egardons donc le champ de vision à la manière des dessinateurs, en gardant les deux yeux ouverts ; lorsque nous portons notre attention sur les objets qui couvrent sa superficie, les différences entre les deux images rétiniennes ne peuvent plus nous échapper : nous voyons doubles les objets situés en deçà et au delà du point de fixation, pourvu qu'ils ne s'éloignent pas de la direction du regard d'une quantité trop grande pour être perçus distinctement. On ne remarque d'abord que les doubles images très-écartées, mais on parvient, en s'y exerçant, à distinguer même celles qui sont assez voisines entre elles.

C'est ainsi que si je tiens un doigt verticalement devant moi, comme il a été dit précédemment, ce doigt cache une partie différente du mur à chacun de mes yeux; si je regarde un point du mur, le mur est vu simple, et comme le doigt se projette en deux endroits différents de sa surface, il faut bien que le doigt soit vu double.

Tous ces phénomènes et d'autres analogues, tels que les présente la position des doubles images d'un objet vu binoculairement, peuvent se ramener à une loi simple qui a été formulée par Jean Müller. A chaque *point* d'une rétine répond sur l'autre un *point correspondant*. En général, dans le champ de vision superficiel commun aux deux yeux, les images qui appartiennent à des points correspondants coïncident; celles qui appartiennent à des points non correspondants ne coïncident pas. A peu de chose près, les points des deux rétines situés à même distance, à droite ou à gauche, en haut ou en bas du point de fixation, sont correspondants.

On a déjà vu plus haut que la théorie nativistique admet nécessairement une fusion parfaite des sensations transmises par les points *correspondants*, que Müller nommait aussi *identiques*. Cette hypothèse a revêtu une forme plus palpable lorsqu'on y a joint l'hypothèse anatomique, d'après laquelle les fibres correspondantes se confondraient deux à deux, soit au point de croisement des nerfs optiques, soit dans le cerveau. Hâtons-nous d'ajouter que tout en indiquant la possibilité d'une semblable explication mécanique, Jean Müller n'en avait aucunement soutenu l'exactitude. Il considérait sa loi des points identiques comme étant l'expression des faits, et il insistait seulement sur l'identité qu'il avait cru reconnaître entre les localisations des sensations reçues par ces points.

Mais ici se présente cette difficulté, que toutes les fois que les images doubles sont susceptibles de se fusionner en une notion unique, leur perception isolée est relativement peu exacte, ce qui contraste avec la précision extrême dont est susceptible l'appréciation du relief, ainsi que Dove l'a démontré. Et cependant c'est uniquement sur cette différence entre les deux images, dont résultent les images doubles, que repose la vision du relief. Il suffit d'une très-petite différence entre deux images stéréoscopiques pour nous procurer l'impression d'une surface bombée; tandis qu'il faudrait une différence de vingt à trente fois plus grande pour que les images doubles devinssent perceptibles, même à l'observateur le plus exercé.

De plus, différentes autres circonstances rendent tantôt plus facile, tantôt plus difficile la perception des images doubles. Sous ce rapport, la notion du relief agit d'une manière très-remarquable : plus elle s'impose avec évidence, plus il est difficile de voir les images doubles; c'est pour ce motif qu'on les aperçoit moins en présence des objets réels que lorsqu'on examine des images stéréoscopiques. Leur perception devient plus facile au contraire, soit lorsque les lignes

correspondantes des deux dessins diffèrent en intensité ou en coloration, soit si l'on ajoute des lignes et des points qui occupent des positions exactement correspondantes, ce qui fait ressortir le manque de correspondance des lignes voisines. On ne s'expliquerait pas l'influence de toutes ces circonstances si l'unité de la localisation était fondée sur une communication anatomique des conduites nerveuses.

Une autre difficulté, soulevée par la découverte du stéréoscope, fut d'expliquer comment la perception du relief résulte de la différence des deux images rétiniennes. Brücke fit remarquer d'abord une série de faits qui paraissent rendre les phénomènes stéréoscopiques conciliables avec la théorie de l'identité innée des rétines. Si nous nous observons pendant que nous regardons des images stéréoscopiques ou des objets analogues, nous constatons que notre regard longe les différents contours, de telle sorte que pendant que le point de fixation est vu simple, les autres peuvent fort bien apparaître doubles. Or notre attention étant habituellement concentrée sur le point de fixation, nous remarquons si peu les images doubles, que ce phénomène est souvent une découverte inattendue pour les personnes à qui on le fait remarquer. Comme l'acte de suivre les contours d'un objet exige des mouvements irréguliers accompagnés de variations de convergence d'autant plus grandes que la distance des différents points de l'objet est plus variable, on conçoit que la conscience de ces mouvements puisse procurer la notion de la différence de distance des lignes examinées. Il est incontestable, en effet, que ces mouvements du regard donnent, bien mieux que la fixation d'un point unique, la notion du relief représenté par un dessin linéaire stéréoscopique, ne fût-ce que parce que ces mouvements ont pour effet de nous faire appliquer successivement aux divers points de la figure la vision directe, qui est bien plus nette que la vision indirecte.

L'hypothèse de Brücke, d'après laquelle la perception du relief s'obtiendrait uniquement par les mouvements du regard, ne peut être conservée depuis les expériences de Dove, d'après lesquelles l'illusion stéréoscopique persiste en employant l'éclairage de l'étincelle électrique, dont la durée n'atteint pas la quatre-millième partie d'une seconde. Dans un temps si court, les corps terrestres pesants se déplacent si peu, que, quelle que soit la vitesse dont on les anime, ils paraissent rester absolument immobiles. Pendant la durée de l'étincelle électrique, il ne peut donc se produire aucun mouvement appréciable des yeux, et cependant l'illusion du relief stéréoscopique se produit parfaitement bien.

Le phénomène du lustre stéréoscopique, découvert également par Dove, démontre qu'il n'existe pas, entre les sensations des deux yeux, une fusion analogue à celle que l'hypothèse anatomique exigerait. Quand une surface, blanche dans l'une des images stéréoscopiques, est noire dans l'autre, son image binoculaire prend un éclat ou lustre particulier, même si le papier est parfaitement mat. On a souvent exécuté des dessins stéréoscopiques de formes cristallines, l'une des images étant tracée en blanc sur fond noir, l'autre en noir sur fond blanc ; dans le stéréoscope, on croit voir alors un cristal de graphite brillant. D'après le même principe, la photographie donne très-bien, dans le stéréoscope, l'effet d'une nappe d'eau étincelante, celui des feuilles vernissées de certaines plantes, etc.

Voici l'explication de ce phénomène : Une surface mate, telle que la présente un papier blanc, réfléchit la lumière avec une intensité égale dans toutes les directions : c'est pour ce motif que cette surface nous paraît également lumineuse, quel que soit le point de vue choisi ; aussi paraît-elle également lumineuse à chacun des deux yeux. Une surface polie, au contraire, outre la lumière qu'elle diffuse également dans tous les sens, donne des reflets suivant certaines directions déterminées. Or il se peut que l'un des yeux reçoive seul cette lumière réfléchie; alors la surface réfléchissante paraît bien plus lumineuse à cet œil, et comme c'est là un effet que les corps polis peuvent seuls produire, la présence d'une différence de lumière dans le stéréoscope nous donne l'impression du lustre.

Si les impressions fournies par les images rétiniennes se fusionnaient, la réunion du noir et du blanc donnerait du gris. Cette circonstance que le noir et le blanc, combinés stéréoscopiquement, nous donnent l'impression du lustre, impression sensuelle que ne peut donner aucune surface grise, suffit pour prouver que les sensations des deux rétines *ne se fusionnent pas*.

L'éclairage instantané par l'étincelle électrique laisse subsister parfaitement l'impression du lustre : cela prouve bien que cette impression ne repose pas sur une alternance de sensation entre les yeux, ni sur ce qu'on appelle l'antagonisme des rétines.

Bien plus, non-seulement les sensations des deux yeux ne se fusionnent pas, mais encore nous distinguons l'une de l'autre les sensations de l'un ou de l'autre œil. En effet, si la sensation fournie par l'œil droit était toute pareille à celle fournie par l'œil gauche, il serait indifférent, tout au moins lorsqu'on exclut l'influence des mouvements des yeux en faisant usage de l'étincelle électrique, de transposer les images offertes aux deux yeux, c'est-à-dire d'offrir à l'œil droit l'image destinée à l'œil gauche, et inversement. Or, cela n'est nullement indifférent : car, dès qu'on opère la transposition, on obtient un relief *pseudoscopique*, c'est-à-dire que les parties les plus lointaines paraissent les plus voisines, que les parties convexes paraissent concaves, et réciproquement. Comme l'éclairage de l'étincelle électrique fournit toujours la notion exacte du relief, il en résulte avec certitude que les impressions des deux yeux *ne sont pas* impossibles à distinguer l'une de l'autre

Enfin, les phénomènes qui se produisent lorsqu'on présente aux deux yeux deux images qui ne soient pas susceptibles de se réunir dans la notion d'un objet unique offrent un intérêt tout particulier. Lorsque l'un des yeux regarde, par exemple, une feuille imprimée, et l'autre une gravure, l'*antagonisme* ou *lutte* des champs visuels fait que les deux images ne se superposent pas purement et simplement : l'une ou l'autre prédomine toujours par places. Si les deux dessins sont également nets, les endroits où l'une ou l'autre domine se déplacent généralement après peu de secondes; mais si l'une des images présente quelque part un fond noir ou blanc, uniforme, auquel correspondent dans l'autre des contours bien nets, ces derniers prédominent alors généralement, et neutralisent la perception du fond uni. Contrairement à ce qu'ont dit d'autres observateurs, je fais la remarque qu'on peut toujours influencer l'issue de la lutte par la direction volontaire de l'attention. Lorsqu'on tâche de déchiffrer l'imprimé, les lettres restent dominantes, du moins à l'endroit où se porte l'attention. Lorsqu'on s'efforce, au contraire, de suivre les hachures ou les con-

tours de la gravure, ce sont ces parties qui dominent. Je trouve même qu'en portant l'attention sur quelque objet faiblement éclairé, on peut faire disparaître un objet bien plus intense qui se peint sur la rétine de l'autre œil ; c'est ainsi que je puis examiner les détails de structure d'un papier blanc, et négliger alors un dessin fortement accentué, situé à l'endroit correspondant de l'autre champ. L'antagonisme ne repose donc pas sur la prédominance ou les oscillations d'une sensation, mais sur la fixité ou les oscillations de l'attention. Il n'existe peut-être pas de phénomène qui se prête mieux à l'étude des mobiles capables de diriger l'attention. Mais il faut bien remarquer que l'intention volontaire de voir tantôt avec un œil, tantôt avec l'autre, ne suffit pas ; il faut évoquer une représentation sensuelle très-vive de ce qu'on veut voir, pour que cet objet apparaisse véritablement. Dès qu'on abandonne les représentations à leur cours naturel, on voit se produire les oscillations auxquelles on donne le nom d'antagonisme. Les objets très-apparents l'emportent alors généralement, au moins pour quelque temps, sur les objets moins lumineux ou moins nets de l'autre champ.

Bien plus, quand on met devant les yeux deux verres de couleur différente, et qu'on regarde alors les mêmes objets, il se manifeste un antagonisme des couleurs, analogue à celui des objets, et qui a pour effet de faire dominer par places tantôt l'une et tantôt l'autre de ces couleurs ; après quelque temps seulement, quand la vivacité des couleurs a diminué dans la sensation, par suite de fatigue unilatérale et par production de couleurs accidentelles complémentaires, on voit une sorte de couleur résultante qui tient des deux couleurs primitives.

Il est bien plus difficile de porter l'attention exclusivement sur l'une des couleurs que sur l'un des deux dessins propres à produire l'antagonisme ; car on ne peut porter l'attention d'une manière permanente sur une impression sensuelle que lorsqu'on y trouve constamment quelque chose de nouveau à découvrir. Cependant on peut faciliter l'expérience en dirigeant l'attention sur des lettres ou des dessins réfléchis par le côté du verre qui fait face à l'œil ; ces images réfléchies sont blanches, et il suffit pourtant de porter l'attention sur elles pour faire apparaître aussitôt dans la perception la couleur du verre devant lequel elles se trouvent.

Au sujet de ces expériences sur l'antagonisme des couleurs, on a vu s'élever une discussion entre d'excellents observateurs, circonstance caractéristique pour la nature du phénomène. Les uns, parmi lesquels se trouvent Dove, Regnault, Brücke, Ludwig, Panum et Hering, affirment voir la couleur résultante, lors de la combinaison binoculaire de deux couleurs. Les autres, tels que H. Meyer (de Zurich), Volkmann, Meissner et Funke, déclarent tout aussi positivement n'avoir jamais vu la couleur résultante. Pour ma part, je n'hésite pas à adopter l'opinion de ces derniers ; car l'étude attentive des cas où j'aurais pu croire à l'apparition de la couleur résultante m'a démontré que j'avais affaire à des phénomènes de contraste. Il me suffisait chaque fois de regarder la véritable couleur résultante à côté du mélange binoculaire des couleurs, pour constater qu'elle différait nettement de celle du mélange. Il est pourtant hors de doute que les observateurs nommés en premier lieu ont vu ce qu'ils disent, et qu'il existe conséquemment ici de grandes différences individuelles. Dans certains cas signalés par Dove comme particulièrement propres à confirmer son opinion, tels que la fusion binoculaire des couleurs de polarisation complémentaires de manière à former du blanc, je n'ai jamais pu constater la moindre trace d'un mélange.

Cette divergence remarquable, au sujet d'une observation relativement si simple, me paraît d'autant plus intéressante, qu'elle vient à l'appui de cette hypothèse de la théorie empiristique d'après laquelle, en général, nous ne considérons comme séparées dans l'espace que celles des sensations dont nous pouvons obtenir la séparation à l'aide de mouvements volontaires. D'après la théorie d'Young, quand nous regardons d'un seul œil une couleur mélangée, il se forme encore trois sensations différentes ; mais aucun mouvement des yeux ne pouvant les séparer, elles restent toujours localement réunies. Et pourtant nous avons vu qu'exceptionnellement il se forme alors encore une localisation différente dans la notion de ces impressions, aussitôt qu'une partie de la couleur paraît appartenir à une couverture transparente. Lorsque deux endroits correspondants des rétines sont éclairés par des couleurs différentes, la séparation de ces couleurs ne se présente pas souvent dans la vision ordinaire, et quand elle a lieu, c'est généralement dans les parties du champ de vision sur lesquelles on ne porte pas l'attention. Le germe d'une pareille séparation en deux parties qui, lors du mouvement des yeux, se meuvent jusqu'à un certain point indépendamment l'une de l'autre, n'en existe pas moins ; suivant le degré d'attention que l'observateur a l'habitude d'accorder aux parties périphériques du champ de vision et aux images doubles, il sera devenu plus ou moins capable d'isoler les couleurs qui frappent simultanément les deux rétines. Les mélanges de couleurs, monoculaires ou binoculaires, excitent simultanément plusieurs sensations colorées dont la localisation est la même dans le champ de vision. La différence dans la notion obtenue consiste en ce que tantôt nous interprétons ce système de sensations comme étant un tout indivisible, et que tantôt l'exercice préalable nous permet de l'analyser dans ses parties constituantes. C'est de la première manière que nous procédons presque invariablement en présence du mélange monoculaire des couleurs, tandis que nous sommes plus portés à procéder de la seconde manière, quand nous avons affaire au mélange binoculaire. Mais comme cette tendance est nécessairement fondée sur l'habitude acquise, il est facile de comprendre qu'il puisse se présenter de si grandes variations individuelles.

Si l'on observe l'antagonisme qui se produit par la combinaison de deux dessins stéréoscopiques, dont l'un est exécuté en noir sur fond blanc, l'autre en blanc sur fond noir, on remarque que les lignes noires et blanches à peu près correspondantes restent toujours visibles les unes à côté des autres, ce qui ne peut arriver que si les deux fonds noir et blanc persistent simultanément. Alors, sur un fond d'un éclat analogue à celui du graphite, on voit se produire une impression bien plus calme que ne la donnerait l'antagonisme de deux dessins tout à fait différents. L'expérience devient plus frappante en ajoutant une feuille blanche imprimée à côté de la partie du dessin qui est sur fond noir, de manière que le fond noir produise par la vision binoculaire, d'un côté l'effet du lustre, et de l'autre celui de l'antagonisme. Aussi longtemps qu'on porte l'attention sur la forme de l'objet représenté, qu'on le parcourt des yeux, les contours différemment colorés commandent concurremment les mouvements du regard, et la

fixation ne peut se maintenir que par la fixation *simultanée* de deux lignes. Cela exige que l'attention se porte tout le temps sur les deux dessins, et il est clair que les deux impressions persistent alors avec la même vivacité. Il n'existe pas de meilleur moyen pour conserver d'une manière permanente l'impression simultanée des deux images. Il est assurément possible de voir par places, pendant quelque temps, la combinaison obtenue par la superposition de deux dessins dissemblables; on peut, pour s'aider, observer la manière dont ils se recouvrent, les angles sous lesquels se coupent les lignes dont ils sont formés, etc. Mais dès qu'on fixe le regard sur une de ces lignes, le champ qui ne la contient pas disparaît aussitôt.

Résumons les faits relatifs à la vision binoculaire.

1° Les excitations d'endroits correspondants des deux rétines ne se fusionnent pas en une impression indécomposable, car, si cela était, on ne pourrait concevoir la production du lustre stéoroscopique. Nous avons vu plus haut que ce phénomène n'est pas un résultat de l'antagonisme, quand même on attribuerait l'antagonisme à la sensation et non à l'attention; il tient au contraire à une suppression de l'antagonisme.

2° Les sensations provenant de l'excitation d'endroits rétiniens correspondants ne sont pas identiques au point d'être indiscernables, car alors il ne serait pas possible, à la faveur d'un éclairage instantané, de distinguer sans erreur entre le relief d'une image stéréoscopique et l'effet pseudoscopique correspondant.

3° La fusion de deux sensations différentes qui se correspondent n'est pas un effet de neutralisation passagère d'une de ces sensations, car la perception binoculaire du relief repose uniquement sur ce qu'on a simultanément conscience des deux images différentes. Or cette perception du relief est possible sans déplacement de l'image rétinienne, et quand l'éclairage ne dure qu'un instant.

Nous arrivons donc à admettre que *deux sensations, reconnaissables l'une de l'autre, arrivent simultanément à notre conscience sans être fusionnées;* que leur fusion en une notion unique de l'objet extérieur ne se fait donc pas par un mécanisme préétabli de la sensation, mais par un acte de conscience.

4° Nous trouvons ensuite que les impressions correspondantes des deux rétines se localisent également, ou peu s'en faut, dans le champ de vision, mais que la représentation que nous nous faisons d'un même objet auquel nous rapportons les deux impressions peut déranger sensiblement cette égalité. Or, si l'égalité de localisation était donnée par un acte immédiat de la sensation, il ne serait pas possible que cette sensation fût contrebalancée par une représentation opposée. Il en est autrement si l'égalité de localisation des images correspondantes repose sur l'évaluation oculaire, c'est-à-dire sur une évaluation des distances acquises par l'éducation, ou, en d'autres termes, sur la manière dont l'habitude nous a appris à interpréter les signes locaux. Alors ce n'est plus qu'une expérience qui lutte contre une autre; il devient concevable que la représentation, d'après laquelle deux images visuelles appartiennent au même objet, exerce de l'influence sur l'estimation de leur position au moyen de l'évaluation oculaire, et l'on comprend que deux distances un peu différentes en réalité puissent être estimées égales dans la surface du champ de vision.

Enfin, si ce n'est pas sur une sensation que repose la localisation égale d'endroits correspondants des deux champs de vision, il faut bien qu'il en soit de même pour la comparaison de distances différentes dans un même champ de vision. En effet, si l'évaluation des distances dans le champ de chacun des yeux était donnée dans la sensation, il en résulterait forcément aussi, dans la sensation immédiate, une concordance complète des deux champs de vision dès qu'il y aurait coïncidence entre les deux points de fixation et deux méridiens.

On voit comment l'enchaînement des faits nous pousse nécessairement vers la théorie empiristique. Je dois dire qu'on a fait, jusque dans ces derniers temps, des efforts pour expliquer la perception du relief et les phénomènes de la vision binoculaire simple et double, en admettant un mécanisme préformé. Malgré tout ce que les hypothèses sur lesquelles se fondent ces théories présentent à la fois d'ingénieux et d'élastique, les tentatives de ce genre se sont heurtées à la variété infinie des phénomènes dont il fallait rendre compte, et qu'il était impossible d'embrasser tous. Quand un système de ce genre s'adapte bien à certaines circonstances de la vision et croit en rendre compte, il se trouve que tous les autres cas restent inexpliqués. Il faut recourir alors à une hypothèse bien scabreuse, d'après laquelle, dans ces autres cas, l'expérience pourrait annuler une sensation. Mais que deviennent nos perceptions si elles sont susceptibles d'être annulées par des représentations contraires? En tout cas, dès que c'est l'expérience qui décide en dernier ressort, admettre que la notion se forme dès le commencement par un effet de l'expérience seule, me paraît bien plus simple que d'admettre la présence de sensations dont l'expérience aurait à combattre les effets dans la plupart des cas.

D'autre part, les divers systèmes d'hypothèses qu'on a échafaudés pour concilier successivement les faits avec la théorie nativistique sont parfaitement inutiles. On ne connaît encore aucun fait qui soit inconciliable avec la théorie empiristique; or celle-ci ne présuppose aucune structure anatomique impossible à démontrer, elle ne demande pas aux nerfs d'agir autrement que partout ailleurs : elle se fonde uniquement sur la connaissance du mécanisme de l'association des notions et des représentations, mécanisme que l'expérience de tous les jours nous fait suffisamment connaître. Il est vrai qu'on n'a pas encore donné une explication complète des fonctions psychiques, et qu'on ne pourra probablement pas la donner de sitôt. Mais comme ces fonctions existent en fait, et comme aucune forme de la théorie nativistique n'a su tout expliquer sans les invoquer par moments, tout esprit rigoureux devra avouer que les faits psychologiques peuvent servir de base tout à fait légitime pour la théorie de la vision, bien que nous n'ayons pu donner jusqu'ici une théorie exacte de ces faits mêmes.

Parmi les notions que nous avons du monde extérieur, il est impossible de poser une limite entre ce qui est attribuable à la sensation immédiate et ce qui est fondé sur l'expérience. Quelle que soit la limite à laquelle on s'arrête, on trouve toujours encore des cas où l'expérience revêt un caractère de précision et d'exactitude immédiate qui mettent sur le second plan ce qu'on pourrait considérer comme un résultat immédiat de la sensation. Seule, la théorie empiristique échappe à toutes les contradictions de ce genre. Nous avons vu, en effet, qu'elle considère toutes les notions d'espace comme reposant sur l'expérience; elle admet que les signes locaux de nos sensations visuelles, ainsi que les qualités de ces sensa-

e sont autre chose que des signes dont l'habitude pprend à interpréter la signification. nterprétation de ces signes ne nous devient familière l'observation des modifications que leur font éprouver, déplacements dans l'espace, soit les mouvements que primons aux objets extérieurs. L'enfant commence tout par jouer avec ses mains ; il ne sait pas encore diri-ses mains ni ses yeux vers l'objet brillant ou coloré qui on attention. Plus tard il cherche à saisir les objets, il ne et les retourne dans tous les sens, les regarde, les les lèche de toutes parts. Il préfère les objets les plus ; les jouets les plus primitifs ont plus de succès près ue les inventions les plus raffinées de l'industrie mo-Quand, après avoir regardé fréquemment son jouet t quelques semaines, l'enfant en connaît tous les , il le jette et cherche du nouveau. C'est ainsi qu'il d à connaître les différentes images visuelles fournies même objet, en relation avec les mouvements que ses mains peuvent lui imprimer. La représentation corpo-insi obtenue consiste dans l'ensemble de toutes ces visuelles. Lorsque nous avons conçu une notion exacte rme d'un objet quelconque, elle suffit en effet pour notre imagination en état de nous représenter l'im-n que nous donnerait cet objet en faisant varier sa po-u notre point de vue. Toutes ces notions sont incluses représentation de la forme de l'objet, et nous pouvons déduire dès que nous pensons aux mouvements qu'il audrait faire pour obtenir en réalité ces différents .

d on regarde des images stéréoscopiques, on peut sou-marquer un phénomène tout à fait propre à confirmer je viens de dire. Il est souvent difficile de fusionner liatement des dessins linéaires de formes cristallines quées. Je commence alors par chercher tout d'abord oints correspondants, et je tâche de les fusionner par uvement volontaire des yeux ; mais, aussi longtemps n'ai pas saisi la signification des images, mes yeux lâ-rise à chaque instant, et la fusion ne se maintient pas. je me mets à suivre du regard les différentes lignes de e, il arrive un moment où je saisis subitement la forme elle représentée, et dès lors mes deux lignes visuelles rent sans la moindre difficulté les contours du corps nt, sans plus jamais se dissocier. Dès que la représen-exacte de la forme du corps s'est manifestée, il s'ensuit e des mouvements des yeux nécessaires pour la vision orps. Exécuter ces mouvements, c'est, pour ainsi dire, e nos représentations dans le langage du monde réel ; représentations étant elles-mêmes une traduction, on e lorsque, par nos mouvements, nous obtenons les auxquelles nous nous attendons, nous faisons une ation expérimentale de l'exactitude de notre représen-

ois que ce que nous venons de voir est très-important. prétation de nos sensations repose sur l'expérience, et r la simple observation de ce qui se passe extérieure-L'expérimentation nous apprend que la relation entre hénomènes existe *dans un moment quelconque*, que nous s choisir, et dans des conditions que nous pouvons r à notre gré. Elle nous apprend l'existence d'une re-permanente de cause à effet, la constance de cette rela-ant démontrée par cette circonstance que nous pouvons la vérifier à tout moment. L'observation même, répétée souvent et dans les conditions les plus variées, ne peut guère atteindre à un pareil degré de certitude. Elle nous apprend bien que les phénomènes dont on étudie la relation sont souvent ou toujours survenus ensemble, mais elle ne prouve pas qu'il doive en être nécessairement toujours ainsi. Si nous prenons pour exemple celles des sciences d'observation qui ont atteint le plus haut degré de perfection, telles que l'astronomie, la météorologie ou la géologie, nous trouvons que la connaissance des causes des phénomènes n'atteint un degré de certitude parfait que lorsque nous avons pu faire agir expérimentalement les mêmes forces dans nos laboratoires. Les sciences non expérimentales ne nous ont révélé, jusqu'à présent, aucune force nouvelle ; je crois que c'est là un fait qui n'est pas sans importance.

Il est clair que l'habitude permet d'arriver à une interprétation des signes locaux suffisante pour en déduire tous les résultats susceptibles d'être vérifiés par l'expérience, c'est-à-dire, tout le *contenu réel* de nos notions. Nous avons admis, jusqu'à présent, que les notions d'espace et de mouvement étaient obtenues préalablement par le toucher. Il est évident que la seule chose que nous apprenions d'abord, c'est que nos mouvements volontaires produisent des modifications perceptibles par la vue et le toucher. La plupart de ces changements, que nous produisons volontairement, ne sont que des modifications dans l'espace, c'est-à-dire des mouvements ; on peut certainement aussi, par ce moyen, produire d'autres changements, inhérents aux objets mêmes. Pouvons-nous, sans le savoir d'avance, reconnaître que les mouvements de nos mains et de nos yeux sont bien des déplacements de ces organes, et ne pas les confondre avec des modifications des objets eux-mêmes? Je le crois. Les relations d'espace ont cela de particulier que leurs modifications ne dépendent aucunement de la nature des corps, tandis que toutes les autres relations réelles entre les objets dépendent de leurs qualités. C'est pour la vue qu'il est le plus facile de s'en assurer immédiatement. Quel que soit le contenu du champ de vision, un même mouvement de l'œil, qui produit un certain déplacement de l'image rétinienne, produit toujours la même série de changements ; ce mouvement fait que les impressions qui produisaient les signes locaux a_0, a_1, a_2, a_3...., produisent alors les signes b_0, b_1, b_2, b_3.... ; et cela peut toujours se faire de la même manière, quelles que soient les qualités de ces impressions. Cela suffit pour caractériser ces changements, pour en faire reconnaître la nature toute particulière, et pour s'assurer que ce sont des changements d'espace. L'expérience, sur laquelle nous fondons notre théorie, trouve donc là une base suffisante, et nous n'avons pas besoin de nous engager dans la question de savoir ce qui, dans la notion générale d'espace, est donné à priori ou à posteriori.

On pourrait objecter à la théorie empiristique l'existence des illusions des sens, et dire que si c'est l'expérience qui nous a appris à interpréter nos sensations, cette interprétation devrait toujours être en accord avec l'expérience. Voici la réponse : Quand des circonstances anormales modifient les images rétiniennes, nous continuons à nous représenter les objets extérieurs de la manière qui donnerait des résultats exacts dans les conditions normales, et c'est là ce qui donne lieu aux illusions en question. Or, pour que la manière d'observer soit normale, il ne suffit pas que les rayons de lumière arrivent sans déviation jusqu'à la cornée ; il faut encore que

les yeux fonctionnent de la manière qui donne les images les plus nettes et les plus reconnaissables. Cela exige que les différents points des contours de l'objet viennent se peindre successivement sur les centres des deux rétines, et que nous fassions exécuter à nos yeux les mouvements que nous nommons normaux parce qu'ils sont les plus propres à la comparaison exacte des positions. Dès qu'on s'écarte de l'une de ces conditions, il se produit des illusions. Les plus anciennement connues sont celles qui se présentent quand les rayons de lumière subissent une réfraction ou une réflexion avant de parvenir à l'œil. Mais l'accommodation imparfaite pendant qu'on regarde à travers un ou deux petits trous, une convergence incorrecte pendant la vision monoculaire, un déplacement du globe oculaire produit par une pression du doigt, une paralysie musculaire, etc., peuvent tous causer des illusions relativement à la position des objets. Il peut en résulter aussi de l'appréciation inexacte de certains éléments de la sensation, tels que le degré de convergence des yeux, dont l'évaluation peut être facilement faussée par la fatigue musculaire. Toutes ces illusions sont régies par cette simple règle que *nous croyons toujours avoir devant nous des objets tels qu'ils devraient être pour produire les mêmes images rétiniennes, lors de l'observation normale.* Si les images sont d'une nature telle qu'il ne pourrait jamais s'en produire de pareilles lors de l'observation normale, le jugement se règle d'après l'observation normale qui s'en rapproche le plus, et nous négligeons alors plus facilement ceux des éléments de la sensation qui sont perçus avec un degré de certitude moindre. Quand plusieurs interprétations sont également possibles, on oscille ordinairement de l'une à l'autre; mais il est alors possible de supprimer cette hésitation en tâchant de se faire une représentation aussi vive que possible de l'image telle qu'on veut la voir.

Tout ceci repose évidemment sur ce qu'on pourrait nommer de fausses conclusions inductives. Il s'agit de raisonnements où l'on ne tient pas sciemment compte des observations antérieures analogues, où l'on ne pèse pas l'influence que ces données doivent avoir sur la conclusion. C'est pour ce motif que je leur ai donné le nom de *raisonnements inconscients;* et si cette dénomination, acceptée depuis par d'autres partisans de la théorie empiristique, a choqué certains esprits, c'est qu'on est habitué à considérer un raisonnement comme la plus haute manifestation de la conscience intellectuelle. Loin de là, les raisonnements, qui jouent un si grand rôle dans nos perceptions, ne peuvent jamais s'exprimer sous la forme logique à laquelle nous sommes habitués, et il faut s'écarter un peu des chemins battus de l'analyse psychologique pour s'assurer qu'on a vraiment affaire ici à une opération de l'esprit pareille à celles qu'on rencontre dans les raisonnements ordinaires.

La différence entre les raisonnements des logiciens et les raisonnements inductifs sur lesquels reposent les notions que les sens nous donnent du monde extérieur me paraît purement apparente, et me semble consister en ce que ces premiers sont susceptibles de s'énoncer, ce qui n'a pas lieu pour les seconds, qui, au lieu des mots, ne sont constitués que par des sensations et des souvenirs de sensations. C'est précisément en ce qu'il s'agit de raisonnements que les mots ne peuvent exprimer que réside la difficulté qu'on éprouve à étudier tout ce chapitre des opérations de l'esprit, ou même à en parler.

Outre les connaissances qui se fondent sur des idées et se prêtent, par conséquent, à l'expression parlée, notre esprit
est susceptible d'un ordre d'opérations où il ne travaill
sur des impressions sensuelles, lesquelles ne peuvent êtr
duites en mots. Le résultat de ces opérations est ce que
appelons le *connaître*. Nous connaissons un homme, un
min, un aliment, une substance odorante : cela veut di
nous avons ou goûté ou senti ces objets, que nous conse
dans la mémoire cette impression sensuelle de manière
voir la reconnaître à l'occasion, et cela sans que nous s
en état d'en donner une description en paroles. Il n'en
moins certain que ce *connaître* est susceptible du plus
degré de précision et d'exactitude, tout aussi bien q
connaissance susceptible d'être exprimée en paroles. M
s'agit ici de quelque chose dont nous ne pouvons faire
qu'en présentant les objets eux-mêmes ou en imitant
pression qu'ils produisent : c'est ainsi qu'un portrait p
de faire connaître l'aspect d'une personne.

Une partie importante du *connaître* est la connaissan
l'innervation dont nous devons faire usage pour atteind
résultat quelconque par les mouvements de nos memb
de nos organes. Chacun sait qu'il lui a fallu apprendre
cher; qu'il a pu apprendre ensuite à marcher sur des éch
à patiner, à monter à cheval, à nager, à chanter, à pron
les sons que présente une langue étrangère, etc. En obse
des nourrissons, on s'aperçoit bientôt qu'ils sont obligés
prendre toute une série de choses qu'il nous semble plu
impossible de n'avoir pas toujours sues, telles que de d
les yeux vers une lumière que nous voulons voir. Cette
de *connaître* s'appelle *savoir*. Il ne faut pas confondre
avec *pouvoir* (*kennen* et *kœnnen*), ainsi que le font parf
Allemands, à cause de l'analogie que ces mots présenten
leur langue.

Remarquons que cette connaissance des impulsion
lontaires doit atteindre un degré extraordinaire d'e
tude et de sécurité, pour qu'il soit possible de garder l
libre sur des échasses ou en patinant, pour qu'on parv
à attaquer avec la voix, ou sur le violon, un son qui de
drait faux pour une demi-vibration pour cent en plus
moins.

Il est clair que notre esprit peut combiner le souven
impressions sensuelles suivant le mode qu'il emploie or
rement pour combiner des mots, et former ainsi quelque
d'analogue à ce qui, dans le langage parlé, s'appelle une
position ou un jugement. C'est ainsi que je peux savoir
homme dont je connais la figure possède une voix singu
dont le timbre m'est bien connu. Je reconnaîtrais sans h
sa figure et sa voix entre mille, et l'une me rappelle im
diatement l'autre. Mais il m'est impossible d'exprimer
relation par des mots, si je ne puis disposer d'autres ci
stances exprimables pour définir l'homme en question.
seulement je peux tourner la difficulté et dire : La voix
nous entendons en ce moment appartient à l'homme que
avons vu tel jour à tel endroit.

Dans certaines propositions générales, tout aussi bien
dans les propositions particulières, les mots peuvent être
placés par des impressions sensuelles ; contentons-nou
citer les effets des arts d'imitation. La statue d'une divini
pourrait me donner l'impression d'un certain caractère,
tempérament ou d'une disposition d'esprit déterminés,
ne savais pas que l'expression ou le geste qu'elle pré
possèdent cette signification dans la majorité des cas. Pou
pas sortir du domaine des perceptions sensuelles, si je

certaine manière de regarder convient pour fixer un tué à deux pieds de distance et à droite, et si je connais ictement le degré d'innervation nécessaire à cet effet, aussi une proposition générale qui s'applique à tous où j'ai fixé ou bien où je fixerai un point situé de la e indiquée. Cette proposition, qui ne se peut exprimer les, est le résultat qui comprend ce que j'ai appris par ordance de mes expériences antérieures. Elle peut de- chaque instant la *majeure* d'un syllogisme, dès qu'il e de fixer un point situé comme il a été dit, et que je e je regarde conformément à cette majeure. La *mineure* à sentir que je regarde ainsi, et la *conclusion* consiste que l'objet vu se trouve à la place correspondante.

ettons maintenant que je regarde de cette manière, ns un stéréoscope. Je sais que je n'ai devant moi aucun el à l'endroit en question, mais je n'en éprouve pas la même impression sensuelle que s'il y en avait un; là une impression que je ne peux définir et caracté- trement, ni en paroles, ni pour moi-même, qu'en ue cette impression est celle que je recevrais pour nière normale d'observer, s'il se trouvait un objet à cet Insistons sur ce point. Le physiologiste peut sans écrire ce qui se passe là d'après la position des yeux, celle des images rétiniennes, etc. Mais il est impos- définir et de caractériser immédiatement la sensation nt qu'il n'a été dit plus haut. Nous savons avoir affaire llusion de la sensation, et nous ne pouvons pourtant uire la sensation de cette illusion. C'est qu'il nous est ble de faire disparaître le souvenir de la signification d'une sensation, alors même que nous savons que cette tion cesse d'être applicable : cela ne nous est pas plus que de ne pas penser à la signification d'un mot de ngue maternelle, dans quelque intention qu'il soit é.

raisonnements, relatifs aux perceptions sensuelles, se nt à nous d'une manière si irrésistible, comme une turelle extérieure, et si leurs résultats nous paraissent nnés par une perception immédiate indépendante de rticipation, ce n'est pas là un motif pour les consi- mme étant d'une autre nature que les raisonnements s et conscients, ou du moins que ceux qui méritent ement ce nom. Ce que nous pouvons faire volontai- et sciemment pour former une conclusion se borne nbler les éléments qui constituent le raisonnement. ces éléments sont réellement au complet, la conclu- pose irrésistiblement à nous. Les raisonnements qu'on uvoir, à volonté, tourner de telle ou telle manière, ne en général, pas grand'chose.

oit que nos recherches nous amènent sur le terrain s psychiques dont on s'est peu occupé jusqu'ici au recherches scientifiques, parce qu'il est difficile de des expressions pour en parler. On en a plutôt tenu dans les recherches esthétiques où elles jouent un ôle sous le nom de vérités intuitives, inconscientes, bent sous le sens, et autres expressions plus ou moins s. C'est un préjugé que de considérer ces actes psy- comme obscurs, indécis et inconscients, de les re- comme des opérations purement mécaniques, et de les dans une classe inférieure à celles de la pensée con- et susceptible d'expression parlée. Je ne crois pas qu'on démontrer une différence entre la nature même de ces actions. La supériorité immense du connaître, mûrie jusqu'à pouvoir s'exprimer, s'explique suffisamment d'ailleurs : d'une part, la langue fournit la possibilité de réunir et de conserver les expériences de millions d'individus et de centaines de générations, par une vérification continuelle, de les rendre à la fois de plus en plus certaines et de plus en plus générales ; d'autre part, c'est sur la parole que repose la possibilité qu'ont les hommes de se concerter et d'agir en commun, ce qui forme la plus grande partie de leur puissance. Sous ces deux rapports, le connaître ne peut rivaliser avec le savoir, sans qu'il s'en suive nécessairement qu'il doive être moins clair ou d'une nature différente.

Les partisans des théories nativistiques invoquent les aptitudes des animaux nouveau-nés, dont beaucoup se montrent plus adroits que l'enfant. Il est certain que, malgré le développement plus considérable de cerveau et la supériorité de sa perfectibilité intellectuelle, l'enfant met un temps énorme à devenir capable des actes les plus simples, comme, par exemple, de diriger ses yeux vers un objet ou de saisir ce qu'il a vu. Ne doit-on pas en conclure que l'enfant a bien plus à apprendre que l'animal guidé par les instincts dans lesquels il est, pour ainsi dire, parqué? On dit que le veau voit le pis de la vache et va le chercher; il resterait à savoir s'il ne le sent pas seulement et s'il ne continue pas les mouvements qui le rapprochent de cette odeur. Il est certain que l'enfant ne voit pas le sein ; il s'en éloigne souvent avec obstination pour le chercher d'un autre côté. Le petit poulet commence bientôt à picoter pour trouver des grains; mais il a déjà becqueté dans l'œuf, et il semble qu'il picote d'abord au hasard, quand il entend la mère lui donner l'exemple. Quand il a rencontré par hasard quelques grains, il peut apprendre ensuite à observer leur apparence, et cela d'autant plus vite, que tout ce qu'il lui faut apprendre dans sa vie est fort limité. Il serait désirable qu'on fit à ce sujet de nouvelles observations dans le but d'élucider la question qui nous occupe ici. Les observations faites jusqu'à présent ne me paraissent pas prouver que les animaux apportent, en naissant, autre chose que des tendances, et il est bien certain que l'homme présente ceci de distinctif que ces tendances innées sont réduites, chez lui, à la plus petite mesure possible.

Notre esprit procède, d'ailleurs, d'une manière tout à fait analogue, en présence d'un autre système de signes dont le choix est arbitraire et pour l'intelligence desquels l'intervention de l'éducation est, par suite, évidente : je veux parler des mots de la langue maternelle.

Apprendre une première langue est évidemment une chose bien plus difficile que d'apprendre plus tard une langue étrangère. Il faut d'abord deviner que ce qu'on entend sont des signes; en même temps, il faut découvrir la signification de chaque parole par une induction de même genre que celle qui a appris à interpréter les sensations. Et pourtant nous voyons les enfants d'un an commencer à comprendre, sinon à répéter, certains mots et certaines phrases. On voit même des chiens en arriver là.

Cette relation entre le nom et l'objet, qui est évidemment un résultat d'éducation, devient tout aussi indestructible que les relations entre les sensations et les objets.

Nous ne pouvons éviter de penser à la signification normale d'un mot, alors même que, par exception, il vient à être employé dans un autre but. Nous ne pouvons nous soustraire à l'émotion que produit un roman, alors même que nous savons

avoir affaire à une fiction : c'est par le même motif que nous ne pouvons effacer de notre esprit la signification normale des sensations, dans le cas de l'illusion sensuelle la mieux reconnue.

Il est enfin un troisième point de comparaison qui mérite notre attention. Les signes élémentaires de la langue se réduisent à vingt-quatre lettres, et quelle n'est pas l'extrême variété des idées que leurs combinaisons nous permettent d'exprimer! Qu'on pense ensuite à la richesse immense des signes élémentaires que peut fournir l'appareil nerveux visuel. On peut estimer à 250 000 le nombre des fibres du nerf optique. Chacune d'elles peut recevoir des degrés d'excitation infiniment variés, provenant d'une ou même de trois couleurs fondamentales. Il est clair qu'il y a là de quoi former un système de combinaisons infiniment plus riche qu'avec les quelques lettres de notre alphabet, sans parler des variations si rapides que peuvent subir les images visuelles. Aussi ne devons-nous pas nous étonner si le langage de nos sens nous donne des renseignements infiniment plus détaillés, plus nuancés et plus individualisés que ne peut le faire la parole.

Telle est la solution du problème de la vision, et la seule, ce me semble, que les faits jusqu'à présent connus permettent d'accepter. Les circonstances où nous avons trouvé le désaccord le plus marqué entre les sensations et les objets, soit qualitativement, soit sous le rapport de la localisation, ont été pour nous les plus instructives, parce que ce sont elles qui nous ont imposé la bonne voie. Ceux mêmes des physiologistes qui cherchent à sauver les débris de cette théorie qui admettait une harmonie préétablie entre les sensations et les objets sont réduits à admettre que la perception sensuelle n'atteint son dernier degré de perfection qu'en se fondant sur l'expérience; ils sont même forcés d'admettre que c'est elle qui décide en dernier ressort, lorsqu'elle se trouve en désaccord avec la prétendue conformité native de l'organe aux objets. Dès qu'on en vient là, on ne peut plus attribuer à la conformation de l'organe d'autre rôle que celui de favoriser peut-être, à l'origine, la formation de nos notions.

L'accord entre les perceptions visuelles et le monde extérieur repose donc entièrement, ou tout au moins essentiellement, sur la même base que toute notre connaissance du monde réel, c'est-à-dire sur l'expérience constamment vérifiée par des expériences nouvelles, telles que les procurent les mouvements de notre corps. Il est clair que la concordance du monde réel et de nos sensations ne nous est démontrée que dans les limites où sont renfermées les expériences que nous fournissent nos sens, mais c'est précisément tout ce qu'il nous faut en pratique. En dehors de ces limites, au sujet des propriétés, par exemple, nous pouvons démontrer avec évidence qu'il y a désaccord. Les relations de temps, d'espace, d'égalité, et celles de nombre, de grandeur, de loi, bref tout ce qui est mathématique, sont communes aux mondes extérieur et intérieur, et, pour toutes ces relations, on peut rechercher un parfait accord entre les représentations et les objets. Je pense que nous n'en voudrons pas à la nature d'avoir caché la profondeur, si difficile à saisir, de ces abstractions, sous la variété infinie des signes par lesquels les objets se manifestent à nos sens. Si les abstractions nous échappent, les signes n'en sont que plus saisissables et plus rapidement utilisables en pratique; ce qui n'empêche pas un esprit spécu[...] de trouver encore des indices suffisants pour parvenir à [...]tinguer entre ce qui est signe et ce qui est image.

H. Helmholtz,
Professeur à l'université de Heide[...]

— Traduit de l'allemand par le Dr E. Javal. —

FIN DES CONFÉRENCES.

JARDIN BOTANIQUE DE LYON

COURS DE M. E. FAIVRE (1)

La Primevère de Chine et ses variations par la cul[...]

Je vous ai plusieurs fois entretenus des variations que la [...]ture peut imprimer aux végétaux ; j'ai cherché à vous [...]trer dans quelles limites un type peut être modifié par l[...] et je ne vous ai point dissimulé les difficultés et les inc[...]tudes d'une semblable étude.

Pour qu'elle puisse être abordée avec sécurité et rig[...] il faut faire choix d'une espèce acceptée comme légitim[...] les botanistes autorisés, bien connue dans son état no[...] antérieurement aux modifications acquises, nettement c[...]térisée dans ses traits distincts et essentiels. Tel n'est p[...] cas de la plupart des végétaux recherchés en vue de la [...]ture florale et dont nous vous entretenons spécialement [...] année : les Chrysanthèmes, les Dahlias, les Fuchsias, par e[...]ple, ne sauraient se prêter à une pareille étude ; les es[...] primitives en sont mal connues et peu sûres ; nous ign[...] de quelles formes originelles proviennent les races et le[...]riétés si nombreuses qui ornent aujourd'hui les serres e[...] jardins.

Il n'en est plus ainsi à l'égard de la Primevère de C[...] dont je me propose de vous entretenir.

Introduit de Chine en Europe vers l'année 1820, bien c[...] dans ses caractères normaux, nettement accusé dans ses [...] distinctifs, ce végétal peut être suivi dans les nombr[...] modifications que la culture lui a fait subir ; son étude [...] permettre d'apprécier ce qu'il y a de flexible et de mobil[...] changeant et de variable, de fixe et de stable dans l'ense[...] des caractères qui composent la physionomie de cette es[...]

Les caractères distinctifs de la Primevère de Chine, ap[...] aussi Primevère candélabre, sont les suivants : Feuilles t[...] radicales, en rosettes, dressées, longuement pétiolées, ve[...] glanduleuses, plus ou moins profondément lobées. Du c[...] des rosettes partent des hampes droites sur lesquelle[...] fleurs sont disposées en plusieurs verticilles. Ces fleurs, [...]ches ou roses, avec l'œil de la corolle jaune pâle, surmo[...] des pédicelles uniflores, dont la base est entourée d'une [...]lerette de bractées diversement découpées ; le calice est [...]flé, conique ; la corolle, hypocratériforme, offre un tube [...] long que le calice ; les cinq lobes en sont obcordés, br[...]ment émarginés, obtus.

A ces traits plus particulièrement distinctifs s'en ajo[...] d'autres plus variables ; nous aurons à en constater la n[...] et la mobilité.

---

(1) Voyez, dans notre tome V, page 22, 14 décembre 1867[...] leçon de M. E. Faivre relative à l'influence des milieux sur la varia[...] des espèces.

caractères dominent cet ensemble et marquent la lu végétal dans le groupe des Primulacées : nous vou-rler de la placentation centrale et de l'opposition des es aux pièces de la corolle.

est la forme végétale sur laquelle se sont exercés, de-ès de cinquante ans, les efforts de la culture, aidés par iis, les hybridations, les changements dans les condi-e milieu, par la sélection la plus attentive.

us a semblé digne d'intérêt de faire connaître les ré-obtenus dans cette voie ; et nous l'avons fait d'autant olontiers, que nous avons trouvé un puissant secours s collections que renferment nos serres, et particuliè-l'une des serres spéciales du fleuriste de la ville.

justice de ne pas taire le nom du cultivateur habile est confiée cette très-riche collection, qu'il améliore année ; nous sommes redevable à M. Chrétien d'une des renseignements qu'il nous est possible de pré-ici.

t ans environ après l'introduction de la Primevère de apparurent, sur les marchés de Paris, des variétés risées par l'élégante découpure des pétales de la Chez ces variétés, dites *fimbriées* ou *à grandes fleurs*, es pétales sont frangés et de couleur blanche, tantôt frangés et de couleur rose ; la découpure du feuillage ante et caractéristique.

riété *cuivrée*, obtenue par le semis et caractérisée par ation rose rougeâtre des fleurs, fut connue peu après édente ; à la suite de nombreux tâtonnements et seu-vers l'année 1860, elle conduisit à l'obtention d'une depuis lors très-recherchée dans les cultures, la va-*ermésine fimbriée*. Notre jardinier chef, M. Denis, en avoir été un des premiers obtenteurs.

Primevères de ce type ont les lobes de la corolle fran-la corolle teinte d'un beau rouge kermès. La variété e fit sensation à cause de sa riche couleur : les semeurs ent à la fixer, à l'améliorer, à en obtenir des fleurs s et petites, simples ou demi-doubles, diversement es.

livrant à ces tentatives d'amélioration, les cultiva-Allemagne furent conduits à modifier plus profondé-e type primitif. La Primevère kermésine avait une allongée, élevant ses fleurs au-dessus des feuilles. Sous d'*erecta*, les cultivateurs allemands obtinrent une va-ermanente, chez laquelle les pétioles des feuilles sont t dressés, les fleurs rouges et fimbriées, et les hampes supportent tellement raccourcies, que les fleurs parais-mme cachées dans la masse d'un abondant feuillage : aspect bien caractéristique imprimé à ces variétés de ères.

aidant des semis raisonnés et de la fécondation artifi-es cultivateurs purent singulièrement varier le nouveau n 1865, parut l'*erecta* blanc non fimbrié ; en 1867, tien obtint l'*erecta* blanc fimbrié ; en 1868, on possé-*ecta* fimbrié à fleurs violettes. Les variétés ponctuées, ées, doubles, pleines, suivirent bientôt, et le type à dressées, à fleurs comme cachées dans le feuillage, fut té et varié.

ie-là les modifications avaient porté sur les organes : on ne tarda pas à signaler l'apparition dans les cul-une forme de Primevère de Chine à feuilles étrange-odifiées. Sans cesser d'offrir l'aspect général ordinaire, les feuilles s'étaient agrandies, notablement allongées ; les lobes en étaient plus nombreux : à la forme normale avait succédé une forme qui rappelait celle des feuilles de Fougère ; de là le nom de *filicifolia* donné à cette variété bien caractérisée, qu'on peut nommer aussi *macrophylla*.

Quelle fut l'origine première de cette curieuse variété ? Un horticulteur lyonnais, du nom de Crozy, la posséda, dit-on, sans en tirer parti ; en 1864 et 1865, on la trouve indiquée sur les catalogues belges et allemands. Les horticulteurs étrangers en mettent alors en vente des variétés blanches et violettes, fimbriées et non fimbriées. La variété *macrophylla kermesina* ne tarda pas à être obtenue par hybridation ; c'est encore à M. Chrétien que nous sommes redevables de ce gain.

En 1864, un cultivateur du Midi, Ch. Hubert (d'Hyères) enrichit à son tour le catalogue déjà si complet des variétés de Primevère de Chine. Il obtint des variétés à feuilles de Fougère chez lesquelles les feuilles, les pétioles, les tiges étaient tous d'un brun noir très-accentué. Cette série est aujourd'hui une des plus remarquables par le contraste du feuillage sombre et de fleurs souvent blanches, panachées de rose ou de brun : chez ces variétés colorées, la teinte noire brune est marquée sur les bractées et jusque sur le calice. On connaît aujourd'hui des variétés brunes-noires, non fimbrées et fimbriées, à fleurs blanches et à fleurs roses, à feuilles ordinaires et à grandes feuilles, etc.

Au nombre des variétés récentes, il en est trois que nous ne saurions passer sous silence.

L'une est une variété d'*erecta* à fleurs blanches non fimbriées, dont la hampe se détache gracieusement des feuilles. La seconde variété, obtenue à Hyères, est dite à fleur de *Clarkia* : les pétales de sa corolle sont écartés et distants dans leur moitié extérieure ; de là une physionomie toute particulière imprimée à la fleur. M. Hubert a obtenu des variétés à fleur de *Clarkia*, à corolle colorée en rose et de couleur cuivrée.

Une variété remarquable par son élégance, est celle appelée *La Pipe*, du nom de son obtenteur : dans cette forme, des fleurs pourpres, grandes, non fimbriées, à pétales obcordés et jaunes, surmontent une hampe assez élevée.

Les formes qui viennent d'être passées en revue se rattachent aux groupes des variations ordinaires qui peuvent étrangement modifier les touches accessoires d'une espèce : variation de formes, de coloris, de nombre, de dimensions, de laciniations, de direction, de proportions relatives, de rapports des parties. Ces variétés n'entraînent point la réalisation de difformités évidentes, elles ne mettent pas obstacle à l'exercice des fonctions.

Il n'en est plus de même à l'égard de certaines formes que la culture a également obtenues ; celles-ci, réalisant un groupe tératologique souvent lié au précédent par d'étroites transitions, constituent des anomalies plus ou moins sensibles, et rendent difficile ou impossible l'exercice des fonctions.

Il en est ainsi à l'égard des variétés doubles ou demi-doubles, variétés fréquentes dans nos cultures ; dans ce cas, le dédoublement des pétales, sous forme de lames enroulées en cornet, s'accompagne souvent de la stérilité des anthères.

Je fais passer sous vos yeux une remarquable forme qui peut être rattachée au groupe tératologique : il s'agit d'un pied de Primevère de Chine dont la hampe solitaire porte jusqu'à trois verticilles étagés de fleurs colorées. La croissance exagérée de cette hampe florale s'est accompagnée de l'avorte-

ment des autres hampes et de la plupart des feuilles et bourgeons ; à la base du pédoncule unique s'étalent seulement sept feuilles longuement pétiolées ; il ne reste au végétal, pour se propager, que les fleurs dont son pédoncule est couvert. Ce végétal uniscape est devenu annuel ; après la destruction de sa hampe, il aura cessé de vivre. Cette forme anormale présente cette particularité que ses fruits mûrs renferment une quantité considérable de graines. Auprès des pieds de Primevère à pédoncule unique, vous pourrez voir, dans la collection, d'autres pieds chez lesquels, modifiant l'organisme dans un sens inverse au précédent, la culture a développé jusqu'à huit pédoncules à inflorescence simultanée, et ces pédoncules sont couverts de fleurs.

La richesse florale de ces formes les fait rechercher sur les marchés.

Les feuilles peuvent être réduites à un petit nombre ; elles peuvent être singulièrement multipliées, et cela aux dépens de l'élongation des axes floraux. Sur une des Primevères placées sous vos yeux, vous pouvez remarquer que les pédoncules floraux très-courts sont entourés de trente feuilles verticillées, étagées, alternantes, et cela avec la plus parfaite régularité. Cette forme a été récemment obtenue.

Il n'est pas rare de rencontrer, dans les semis de Primevère, des pieds chez lesquels, par suite d'un excès de vigueur, les diverses parties de la fleur se sont transformées en feuilles ; le calice, la corolle, le pistil, les ovules eux-mêmes, participent à cette métamorphose, qui donne aux plantes, devenues ainsi entièrement ou partiellement virescentes, une étrange physionomie. Ces Primevères virescentes ont permis à MM. Brogniard, Cramer et à nous-même, des études sur la formation des ovules.

Aux monstruosités se rattachent les états pathologiques.

Il arrive assez souvent que les cultivateurs, en cherchant à réaliser la variabilité normale, obtiennent par les semis des pieds difformes et maladifs qu'il peut être curieux de propager; vous en avez devant vous deux exemples. L'un est relatif à une décoloration partielle des feuilles ; la Primevère qui les porte est devenue singulièrement panachée ; les feuilles, découpées, sont vertes au centre et décolorées à la périphérie.

L'autre cas est celui d'une Primevère chétive et rabougrie dont les feuilles peu nombreuses impriment au végétal, par leurs découpures profondes et bizarres, un aspect anormal.

Le coup d'œil que nous venons de jeter sur les changements imprimés à l'organisme de la Primevère de Chine vous a seulement révélé les modifications les plus tranchées. Vous seriez sans doute plus frappés de la mobilité des parties, si nous vous présentions en détail l'histoire des changements opérés : il vous serait alors prouvé que chaque organe, pris isolément, est modifiable dans une série de caractères accessoires ; que les modifications peuvent s'associer entre elles, qu'elles portent inégalement sur les diverses parties. Prenons pour exemple la corolle :

Sa couleur, blanche, rose, à œil jaunâtre, dans la forme primitive, peut devenir blanche, cuivrée, rose, rouge, violette ; nous avons vu des corolles tri- et même quadricolores. Les corolles sont parfois ponctuées et panachées. Le diamètre peut varier de 27 millimètres à plus de 40 ; les découpures de chaque pétale peuvent être simples ou multiples, peu accusées ou très-profondes. Chacun des pétales peut être arrondi ou nettement partagé, dans sa partie libre, en un limbe et un onglet, diversement coloré et panaché ; les rapports des pétales entre eux varient également : [...] sont contigus, tantôt ils sont recouverts, tantôt il[...] tants. Considérée dans son ensemble, la corolle [...] plane, régulièrement ou irrégulièrement concave.

Mais ce qu'on remarquera à l'égard de la coroll[...] les caractères distinctifs de cet organe, la soudure [...] en un long tube, la forme générale, l'insertion, l'[...] des étamines aux lobes, demeurent permanents. N[...] bientôt comment le maintien des traits distinctifs, [...] est surtout accusé à l'égard de l'ensemble organiqu[...]

La variabilité est réalisée, développée, chez la Pri[...] Chine, par trois ordres de modifications : les unes p[...] lément sur chaque partie, la corolle nous en a [...] exemple ; d'autres portent sur les pièces variées de l[...] organique, sans qu'on puisse distinguer entre elles [...] rélation dans les caractères modifiés ; d'autres au[...] témoignent d'une évidente corrélation.

Nous insisterons particulièrement sur ce derni[...] M. Darwin a appelé l'attention dans ses ouvrag[...] rapports qu'affectent certains caractères et sur l[...] rieuses affinités qui les lient ; plusieurs caractèr[...] quent, si l'on peut ainsi dire, de telle manière que [...] tion de l'un d'eux entraîne l'apparition de l'autre. [...] vons faire à l'étude spéciale qui nous occupe l'appl[...] quelques-uns des principes que l'illustre naturalis[...] a si bien formulés.

Nous avons remarqué, par exemple, que, presqu[...] ception, chez les Primevères fimbriées, le calice est [...] volumineux, d'une forme qui rappelle le calice [...] sur le fruit de l'Alkékenge ; au contraire, chez les P[...] non fimbriées, le calice est peu renflé, plus apla[...] allongé.

Une seconde corrélation est évidente entre la co[...] fleurs et celle de la face inférieure des feuilles : dan[...] grand nombre des cas, à une coloration blanche [...] correspond la couleur verte de la face inféri[...] feuilles ; les fleurs, roses, violettes ou rouges, les fle[...] ches ponctuées ou panachées, s'associent à une [...] verte et rougeâtre de la face inférieure des feuilles.

Une troisième corrélation consiste en ce que chez [...] à hampes raccourcies que nous avons nommés [...] fleurs offrent le plus souvent des styles courts ; au [...] l'élongation des styles semble la règle chez les P[...] à longues hampes.

Nous découvrons encore, entre le développemen[...] ganes foliacés et le développement des pièces de l[...] floral, des corrélations évidentes qu'explique la loi [...] cement organique.

On comprend, d'après la connaissance de ces cor[...] qu'il suffise au cultivateur de réaliser une forme ay[...] que caractère déterminé, pour qu'il obtienne, par cel[...] et bien souvent à son insu, une ou plusieurs modi[...] corrélatives.

Avec le secours des semis, de la sélection, des croi[...] il a été possible, disions-nous, non-seulement d'obte[...] taines modifications appréciables du type, mais de les [...] et de les perpétuer.

L'horticulteur atteint surtout ce but par l'emploi [...] sements. Par ce moyen, dont nous voulons vou[...] sance, il sait étendre le cycle de la variabilit[...] aisément le maintien des formes que son art

ıs envisagions seulement les croisements en ce la Primevère de Chine, le champ que nous avons st riche, grâce aux remarquables travaux publiés années sur ce sujet.

ble, par les croisements, d'associer les caractères, de compléter aussi chacune des formes secon ues par l'art.

à feuilles de Fougère nous donnera de cette ın exemple probant. La culture fut d'abord en la forme à fleurs blanches et fimbriées, puis de iolette; désireux d'obtenir le type à grandes c fleurs rouge kermès, l'habile horticulteur dont cité le nom eut recours à la fécondation artifi- cès fut complet. Encouragé, il tenta bientôt d'as- me à grandes feuilles à la variété obtenue dans i caractérisée par sa couleur d'un brun noirâtre; n artificielle le conduisit de nouveau au but. Nous d'hui dans les collections une variété qu'on peut si : *Primula macrophylla fusco-rubra.*

Hyères) a mis dans le commerce une variété rs blanches sont ponctuées, panachées de rose. a été associée par la fécondation, d'abord au es de Fougère, puis à la variété de ce type teinte r brune-rougeâtre : nous avons sous les yeux un réalisés, si l'on peut ainsi dire, par la fécondation ent à la fois les deux ordres de caractères. Nous pas encore la variété *filicifolia erecta;* les essais tentés à cet égard conduiront sans nul doute au iré.

i des croisements est d'une extrême importance en jeu la plasticité de l'espèce et produire des elles, il ne l'est pas moins pour aider à leur pro- leur maintien.

cultivateur a obtenu une variété, il s'efforce de ; or, l'obtention d'une race et son maintien ne s qu'à la condition de la fertilité des ovaires, lité des graines; et ces conditions sont intime- la pratique des croisements.

beaux travaux physiologiques de M. Darwin, cette it arbitraire; les découvertes de l'illustre savant ent désormais lui imprimer une direction ration-

de vous indiquer les résultats les plus considé- s recherches, en tant qu'ils peuvent servir les pratique et mettre l'horticulteur en possession moyens d'action.

r lequel M. Darwin a d'abord appelé l'attention e, chez les Primevères de Chine, de deux et par- formes florales différentes.

formes est à long style : chez les fleurs de ce l est long, les étamines courtes, le style faci- ict et notablement élevé au-dessus d'elles; le stig- bbuleux et chagriné, la poussière pollinique à et oblongs.

lantes à style court, le stigmate est lisse et situé inférieur à celui des anthères; les étamines sont grains de pollen sphériques et assez volumineux. ravail récent, M. Darwin a signalé un troisième à style égal : dans ce cas, les stigmates se trou- me niveau que les anthères; celles-ci, disposées à comme dans la forme à styles longs, s'associaient à un pistil semblable à celui de la forme à style court. Cette disposition n'est pas rare, nous pouvons vous en montrer des exemples sur quelques pieds appartenant à la variété *erecta.*

Après avoir distingué et caractérisé les trois formes précédentes, M. Darwin a étudié expérimentalement les résultats des croisements qu'on peut opérer en elles : les découvertes auxquelles il a été conduit par cette étude sont bien connues dans la science; nous les résumerons en signalant les conséquences au point de vue de la pratique horticole.

Un premier cas considéré par M. Darwin est celui de la fécondation de chaque forme par la forme similaire. Si chaque fleur est fécondée par elle-même naturellement ou artificiellement, M. Darwin constate que chez les plantes à style court, le nombre des graines produites est plus considérable que chez les plantes à style long. Les résultats obtenus par les praticiens concordent avec cette donnée de la science. Les choses ne se passent plus de même si les fleurs sont à l'abri des insectes et de toute fécondation artificielle; les plantes à style court sont alors entièrement stériles, tandis que les plantes à style long produisent une faible quantité de graines. Ces résultats indiquent de quelle importance les circonstances extérieures et l'action de l'homme peuvent être pour assurer la fécondité de la Primevère de Chine; ils montrent que les formes à style court, bien fécondées, sont les plus productives.

M. Darwin appelle homomorphiques, ou illégitimes, les unions de deux formes de même longueur de styles; il nomme hétéromorphiques, ou légitimes, les unions opérées entre deux formes à styles conformés sur deux types distincts.

A l'égard de ces dernières, l'éminent observateur est arrivé à établir cette proposition : Le produit de deux unions hétéromorphiques est toujours plus fécond que celui de deux unions homomorphiques. Chez la Primevère de Chine, l'expérience a prouvé que les bonnes capsules résultant de deux unions légitimes contenaient plus de graines que celles de deux unions homomorphiques ou illégitimes, dans la proportion de 3 contre 2.

Ces curieux résultats ont été confirmés en Allemagne par M. Hildebrand; ils ne sauraient être contestés aujourd'hui. Les applications à la pratique sont évidentes : en s'appuyant sur les résultats obtenus par M. Darwin, en les mettant à profit, le cultivateur a le moyen d'augmenter le nombre des semences fertiles qu'une variété peut produire.

Dans un mémoire récent, M. Darwin a insisté sur le caractère et la nature pseudo-hybride de la postérité issue des unions illégitimes chez la Primevère de Chine. Si l'on croise deux formes semblables, on observe que leur postérité se comporte à beaucoup d'égards comme une postérité hybride; la fécondité des produits diminuant, les plantes s'affaiblissent et se stérilisent. Les produits illégitimes de plantes à longs styles sont le plus souvent à longs styles; la première génération est fertile, la seconde l'est moins. Sur 25 produits illégitimes de forme à court style, M. Darwin a constaté qu'à la seconde génération, quatre sur six périrent; les deux survivants furent très-peu fertiles, bien que fécondés cette fois par des plantes à styles différents. C'est à la suite de la fécondation par elle-même d'une forme à long style que M. Darwin a obtenu la variété intermédiaire dite à style égal, variation très-fertile qui réunit sur la même fleur les formes sexuelles opposées. La cessation du dimorphisme, dans les variétés à style égal,

devait être attribuée, suivant l'auteur, à la réversion au type primordial de la plante. Nous avons constaté que la forme à style égal est particulièrement marquée dans la variété *erecta*.

Si l'horticulteur tient compte des résultats qui précèdent, il devra choisir pour porte-graines les variétés à style égal, s'il en rencontre, et il aura soin de ne pas faire usage, comme semences, des graines issues d'unions illégitimes, surtout après la première génération.

Nous avons considéré jusqu'ici la Primevère de Chine en tant qu'elle a été ébranlée et modifiée dans ses caractères par la culture et les croisements; nous en avons recherché et indiqué les limites de variabilité : ces limites ont-elles été franchies? la plasticité du type a-t-elle conduit à sa transformation? en indique-t-elle au moins la possibilité?

Nous vous présenterons avec confiance, à l'égard de cette grave question, les considérations qui suivent : elles sont l'expression des faits et de l'expérience.

En étudiant la riche collection réunie dans nos serres, vous pourrez constater un premier fait : Quelles qu'aient été les modifications subies, les variations réalisées, la Primevère de Chine n'a point perdu ses traits distinctifs : feuilles radiculaires pétiolées, plus ou moins lobées et couvertes de poils; hampes sur lesquelles les fleurs sont disposées en plusieurs verticilles; bractées plus courtes que les pédicelles; calice renflé, etc. Il est même des traits peu importants en apparence que les modifications imprimées ne sont point parvenues à effacer : tel est en particulier l'œil central marqué vers le fond de la corolle. Il est digne de remarque que les causes de variabilité capables d'agir sur des caractères d'une réelle valeur demeurent souvent impuissantes à l'égard de caractères insignifiants.

Pour réaliser la transformation du type, il faudrait la disparition non-seulement d'un seul, mais de l'ensemble des caractères qui déterminent le type par leur association et leur harmonie; il faudrait que la forme nouvelle fût naturellement permanente : l'art de l'homme n'a point atteint de semblables résultats.

En s'exerçant sur la Primevère de Chine, la culture en a modifié le type en l'altérant dans ses caractères, sa durée, sa propagation; si elle a été une œuvre d'amélioration au point de vue de la variété et de la richesse des formes, elle est devenue une cause d'altération, de dégénérescence, si l'on peut dire ainsi, de l'espèce elle-même.

Nous avons déjà insisté sur la facilité avec laquelle l'action de la culture détermine des modifications tératologiques et maladives; le passage entre celles-ci et de simples variations s'effectue souvent d'une manière graduelle, indiquant l'intime relation des modifications dites normales et des états anormaux. Ainsi l'accroissement du nombre des feuilles se lie d'ordinaire à la diminution du nombre des fleurs, et par conséquent des semences; le dédoublement des pièces de la corolle s'associe à la stérilité des anthères; le développement extrême des organes floraux s'accompagne de l'avortement de plusieurs pédoncules; la panachure entraîne la petitesse et la diminution dans le nombre des fleurs.

La durée de la vie chez les Primevères de Chine a été notablement influencée par les effets de la culture. A l'état normal, les Primevères sont vivaces; la culture en a fait des plantes bisannuelles et même annuelles : dès la seconde année, elles s'affaiblissent, donnent encore des graines avec quelque abondance, et elles cessent de vivre, ou tout au moins cessent de compenser les soins qu'on leur donne. Préve[...] cette altération dans la durée du type, le cultivateur [...] prendre ses précautions pour recueillir les graines et e[...] croître le nombre par des fécondations croisées.

La puissance de la propagation est amoindrie che[...] variétés et les races de Primevère de Chine, comme la [...] de la vitalité; nous ne saurions mieux faire que d'app[...] cette proposition sur la longue et intelligente pratiqu[...] Vilmorin.

D'après cet observateur, la variété fimbriée offre un[...] minution dans le nombre des semences.

Les variétés à fleurs semi-doubles, roses ou blanches, [...]nent fort peu de graines; les variétés à fleurs doubles, [...] ou blanches, ne sauraient être multipliées que par la div[...] des pieds.

On voit par ces faits jusqu'à quel point les modifica[...] que nous savons produire s'éloignent de la condition [...]male, et constituent un état de choses en quelque sorte [...]ficiel et relatif; qu'on ne s'appuie point sur de pareils exem[...] pour prouver la thèse de la variabilité absolue. S'ils [...] donnent un enseignement, c'est celui de la mesure dan[...] quelle les modifications de l'espèce cessent d'être compat[...] avec le maintien des lois de l'organisme.

Nous avons fait remarquer ailleurs jusqu'à quel [...] les variétés et les races sont relatives et conditionn[...] l'exemple de la Primevère de Chine n'infirme pas cette [...]position : tous les cultivateurs savent que si l'art a été pui[...] à provoquer les remarquables modifications dont ils [...] parti, l'art seul peut les conserver.

Il est certain que toutes les variétés de Primevère de C[...] ne sauraient se perpétuer de graines. « Les variétés do[...] » et les autres qu'on tiendra à conserver, devront, dit Vi[...] » rin, être multipliées par la séparation des pieds, d'écla[...] » de boutures faits avec soin, après la floraison du printe[...] » on devra les tenir à l'abri, jusqu'à ce que leur reprise [...] » assurée. »

Nous savons que la conservation des variétés perpét[...] par le semis exige une sélection intelligente, constan[...] attentive, un soin incessant à séparer les unes des autre[...] formes distinctes dont l'hybridation est réalisée ; enfin q[...] ce qui concerne la propagation par les semis, elle offr[...] grandes incertitudes : le choix du pied mère est ici nécess[...] et, malgré ce choix, une notable proportion des graines [...] toujours retour au type.

En dernière analyse, les variétés et les races chez la [...]mevère de Chine ont un caractère relatif : il faut l'in[...]vention de l'homme pour en assurer le maintien co[...] pour en obtenir la réalisation. Les efforts tentés jusqu'ici [...] nullement abouti à la formation de types stables et norm[...] qui se comportent comme des espèces; ils ont seulem[...] fourni la preuve de la flexibilité de l'organisme chez la [...]mevère de Chine : par là ils autorisent l'espoir de nouv[...] gains, de plus importantes conquêtes horticoles.

E. Faivre,
Doyen de la Faculté des sciences de Ly[...]
Conservateur du jardin botanique.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillièr[e]

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE — NUMÉRO 28 — 12 JUIN 1869

Paris, 11 juin 1869.

t que le vaisseau-école *le Jean-Bart*, doit faire chaque n voyage lointain. Le ministre de l'Instruction publi- irant y placer quelques savants, a demandé pour eux ructions à l'Académie des sciences. M. Milne Edwards ommé rapporteur, a fini, sur une nouvelle demande stère, par présenter son travail. Il parle des anciens autour du monde cités dans les ouvrages les plus élé- es, mais ne dit pas un mot du grand voyage d'explo- accompli l'année dernière par MM. Carpenter et Thomson, et qui se renouvelle en ce moment même. nt, M. Milne Edwards, Anglais d'origine et membre ciété royale de Londres, reçoit à ce titre ses *Proceedings* ru un très-long rapport de MM. Carpenter et W. n. Mais l'enseignement agronomique qu'il distribue ium à vingt-quatre instituteurs primaires ne lui laisse e plus le loisir de consulter ces *Proceedings*. Nous être utile aux futurs voyageurs du *Jean-Bart*, en t dès aujourd'hui, de deux lettres que nous a adres- Carpenter, quelques détails sur un procédé qui permet rer d'une manière exacte la température des profon- e la mer.

Londres, 23 mai 1869.

« Cher monsieur,

e suis bien aise que votre *Revue* fasse connaître au pu- nçais les résultats de nos recherches. On considère ici ltats comme très-importants, surtout ceux d'après les- ous avons constaté les grandes différences de tempé- le points de l'Océan qui ne sont qu'à quelques milles l'autre, et l'influence de ces températures sur la faune ue endroit. Un des juges les plus compétents en cette a dit que « ces observations commencent une ère e pour la bio-géologie. » Un autre éminent géologue : « Votre lecture nous fait connaître quelques-uns des es plus précieux qui nous aient été révélés depuis mps. Je pense d'ailleurs que, loin de bouleverser la gie, ces faits éclairciront un grand nombre de difficul- prouveront qu'ils constituent un des plus grands se- qui nous soit jamais arrivé. »

ous préparant à poursuivre nos recherches, nous avons tter contre une difficulté des plus graves : je veux dire obtenir des instruments sur les indications desquels se compter quand il s'agit de mesurer les tempéra- de grandes profondeurs. Des expériences directes faites presse hydraulique nous ont démontré que les meil- hermomètres construits suivant la méthode ordinaire sont très-sérieusement affectés par des pressions qui vont de 1000 à 5000 livres par pouce carré (de 70 à 350 kilogr. environ par centimètre carré). Les Américains, qui se servent de l'hélice de Bréguet, n'en sont guère plus satisfaits sous ce rapport. C'est le professeur W. A. Miller qui nous a tirés d'embarras. D'après ses conseils, nous avons enfermé le réservoir de notre thermomètre dans une enveloppe de verre soudée au tube thermométrique. L'espace intermédiaire est à peu près à moitié plein de liquide, pour assurer la conductibilité ; mais l'autre moitié contient assez d'air pour que l'enveloppe extérieure puisse céder à la pression du dehors sans que le réservoir thermométrique intérieur en souffre d'une manière appréciable. Nous avons pu soumettre des thermomètres, ainsi protégés, à une pression de plus de 5000 livres par pouce carré (350 kil. par centimètre carré) sans observer une élévation qui dût être attribuée à la pression : la faible variation constatée chaque fois, et qui pouvait aller de 0,8 à 1,2 degré Fahrenheit (de 0°,44 à 0°,66 centigr.), est probablement le résultat d'un changement de température dans l'intérieur de la presse hydraulique.

» Notre nouvelle expédition vient de partir, emportant plusieurs de ces thermomètres, ainsi que des appareils qui permettront, nous l'espérons, d'opérer à une profondeur de mille brasses (1828 mètres). Le *Porc-Épic* se rendra d'abord à un banc de sable situé à environ 200 milles de Galway (Irlande), où la profondeur passe brusquement de moins de 100 brasses à plus de 1200 (2193 mètres). Le navire se dirigera ensuite vers le détroit profond qui sépare l'Écosse occidentale du banc de Rockall. Enfin, vers le commencement d'août, époque où je dois moi-même rejoindre l'expédition, elle se rendra dans les parages que nous avons explorés l'an dernier, et où nous espérons pouvoir dresser une carte bien plus détaillée des régions chaudes et froides.....

» Croyez-moi votre dévoué, W. B. CARPENTER. »

Londres, 7 juin 1869.

« ..... Vous pouvez ajouter à votre notice sur ce sujet les détails complémentaires suivants reçus *ce matin même* de mon fils qui est en ce moment à bord du *Porc-Épic* sur les côtes occidentales de l'Irlande : « Les thermomètres de Miller ont » admirablement fonctionné. Dans chaque sondage descen- » dant de 700 à 800 brasses de profondeur, leur *minimum* a » été environ de 4 degrés Fahrenheit en dessous de celui des » thermomètres qui ne portaient pas d'enveloppe protec- » trice. » Cette différence dépasse même celle que nos expériences préalables nous avait conduits à prévoir pour cette profondeur.... W. B. CARPENTER.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

LECTURE BAKÉRIENNE

M. ROSCOE
de la Société royale de Londres

Le vanadium et ses composés

I. — Introduction.

Au nombre des propriétés physiques qui servent à déterminer les rapports généraux des corps chimiques et leur classification, aucune n'a obtenu à plus juste titre la confiance des chimistes que l'isomorphisme. Cependant les composés du vanadium forment une exception remarquable, encore inexpliquée, à la règle généralement suivie d'établir l'origine et la composition d'un corps au moyen de sa forme cristalline.

Rammelsberg (1) d'abord, et Schabus (2) ensuite, ce dernier d'une manière beaucoup plus complète, établirent ce fait que la vanadinite, minéral particulier à plusieurs contrées, et qui est un composé de vanadate et de chlorure (3) de plomb, est isomorphe avec l'apatite, la pyromorphite et la mimétésite, qui sont du phosphato-fluorure de chaux et des phosphato-chlorure et arsénato-chlorure de plomb ayant pour formules : $3(Ca^3P^2O^8), CaF^2$, $3(Pb^3P^2O^8), PbCl^2$ et $3(Pb^3As^2O^8), PbCl^2$. La forme cristalline de tous ces minéraux est un prisme à base hexagonale, terminé par deux pyramides à six faces.

Voici l'angle terminal que Rammelsberg trouva pour la vanadite, et ceux que divers observateurs trouvèrent pour les autres minéraux :

1° Vanadinite	142° 30′
2° Apatite	142 20
3° Pyromorphite	142 15
4° Mimétésite	142 7

et voici le rapport des axes :

1°	$\frac{1}{0,737}$
2°	$\frac{1}{0,732}$
3°	$\frac{1}{0,736}$
4°	$\frac{1}{0,737}$

De plus, l'isomorphisme découvert entre ces corps était poussé si loin, que, dans plusieurs de leurs échantillons, ces minéraux cristallisaient en même temps, d'une manière identique, et Heddle (4) avait même décrit un cristal, en sa possession, dont la moitié supérieure était de l'apatite, et l'autre moitié de la pyromorphite.

C'est à Berzelius que nous devons la plus grande partie des connaissances que nous avons sur la composition et les propriétés chimiques du vanadium et de ses composés. Depuis qu'elles ont paru, en 1831 (5), les conclusions de ses belles recherches sur le vanadium ont été plus ou moins confirmées par Schafarik (6) et par Czudnowicz (7), et il résulte de ces travaux qu'on doit prendre VO^3 pour formule de l'acide vanadique. De là il est évident que nous avons à nous prononcer ici entre deux opinions : ou on peut trouver de la dissemblance dans des corps isomorphes et cristallisant en même temps ; ou bien les conclusions de Berzelius sont fausses, et la vraie formu l'acide vanadique est V^2O^5, qui correspond aux pentoxyd phosphore et d'arsenic. La première de ces alternatives acceptée par le plus grand nombre des chimistes c la vraie solution de cette difficulté. Cependant, comme n'avons pas d'autres expériences que celles de Berzelius, sommes forcés d'admettre, pour l'acide vanadique, la fo VO^3. Toute autre serait une supposition tout à fait grat

Berzelius tirait ses conclusions des deux faits suivants perte constante de poids que subit l'acide vanadique d réduction par l'hydrogène ; 2° l'action du chlore sur l' réduit. Alors un chlorure volatil se forme, et l'on trou résidu d'acide vanadique qui se trouve être exacteme tiers de la quantité donnée par la réduction dans l'hydro De là Berzelius conclut que le nombre des atomes de gène de l'oxyde est à celui de l'acide dans la proportio à trois. Ainsi, en supposant que l'oxyde le plus bas n tienne qu'un atome d'oxygène, l'acide contient 3 atom c'est la limite que Berzelius donne pour sa saturation. D question de savoir si l'acide contient 1 ou 2 atomes de Berzelius se décide en faveur de la première hypothèse, qu'il ne trouve la formation d'aucun composé répo aux aluns, quand l'acide vanadique est mis en présenc fois avec de l'acide sulfurique et de la potasse. Les anal chlorure volatil, faites par Berzelius et par Schafarik, ment les unes et les autres cette conclusion, et mette de doute qu'on doit prendre pour poids atomique du van 68,5, celui de l'oxygène étant 8 ; que l'acide vanadique formule VO^3 ; que celle de l'oxyde préparé par la réduct VO, et que celle du chlorure est VCl^3.

Dans la présente lecture, je montrerai que tout en adn chacun des résultats rappelés plus haut, j'arrive à des c sions complétement différentes de celles de Berzelius sur stitution de l'acide vanadique et de tous les autres co du vanadium. En effet, je prouverai que la vraie form l'acide vanadique est V^2O^5 (quand l'oxygène est repr par 16), et que le véritable poids atomique du vanadi 51,3, parce que la substance prise par Berzelius pour nadium n'est pas le métal, mais un oxyde qui a 67,3 pou atomique, presque celui du métal de Berzelius, qu celui-ci suppose que le trichlorure est un oxychlorure.

Voici les motifs sur lesquels j'appuie mes conclusio trouvera dans la suite les preuves expérimentales.

1. Il existe un oxyde de vanadium dont la combinaiso 3 atomes d'oxygène donne l'acide vanadique. Il faut do cette dernière substance contienne plus de 3 atomes d'ox

2. Tous les oxydes de vanadium qui suivent ont été o par la voie sèche et par la voie humide, et leurs co tions ainsi déterminées :

1° V^2O^2, dioxyde de vanadium ou divanadyle (1)	134
2° V^2O^3, trioxyde de vanadium (suboxyde de Berzelius)	150
3° V^2O^4, tétroxyde de vanadium	166
4° V^2O^5 pentoxyde de vanadium (acide vanadique)	182

(1) *Annales de Poggendorff*, 1856, XCVIII, p. 249.
(2) *Ibid.*, 1856, C, p. 297.
(3) Nous conserverons généralement la terminologie de M. Roscoë. Il est toujours facile de la ramener à celle qui est en usage en France.
(4) Greg. et Lettsom, *Minéralogie anglaise*, 1858, p. 409-410.
(5) *Annales de Poggendorff*, 1831, XXII, p. 1.
(6) *Annales de chimie et de physique*, 1859, IXC, p. 84.
(7) *Annales de Poggendorff*, 1863, CXX, p. 33.

(1) Ma première intention était de donner au premier et au tr oxyde du vanadium les noms monoxyde et dioxyde, en attri ces corps la formule empirique, plus simple, VO = 67,3 et VO^2 = comme si l'on était encore incertain si les poids moléculaire oxydes, suivant la loi de même atomicité, sont multiples des a si, dans le seul exemple semblable, pour les oxydes d'azote, sont représentés au delà par les mêmes nombres. Pour accepte nion exprimée par beaucoup de chimistes que la forme alternati plus probable, j'adopte maintenant les noms qu'on trouve plus

e corps appelé terchloride de vanadium (VCl^3,V=67,3 nt de l'oxygène; c'est un oxychlorure ayant la formule V=51,3). Il peut être appelé trichloride de vanadyle trichlorure de vanadium, et correspond à $PhOCl^3$, l'oxyrure de phosphore.

existe trois autres oxychlorures à l'état solide, et dont nposition est :

- $VOCl^2$, dichlorure de vanadyle ou oxydichlorure de vanadium;
- VOCl, monochlorure de vanadyle ou oxymonochlorure de vanadium;
- V^2O^2Cl, monochlorure de divanadyle.

ous les vanadates natifs sont tribasiques : *a*. La vanae Zimapan, analysée par Berzelius (*Annales de Poggen-* XXII, p. 63), contient près de 3 équivalents d'oxyde nb et 1 de pentoxyde de vanadium. — *b*. L'eusynchnite, ée par Czudnowicz (*Annales de Poggendorff*, CXX, p. 27), me 3 équivalents d'un composé d'oxyde de zinc et e de plomb, et 1 équivalent de pentoxyde de vana- — *c*. L'arœoxène, analysée par V. Kobell (*Journal de* I, p. 496), qui a trouvé qu'elle avait une composition ble à celle de l'eusynchnite. — *d*. Une vanadinite d'Ae, analysée par Smith (*Journal de chimie*, LXVI, p. 433). n composé tribasique.—*e*. La déchénite de Pfalz, suivant *Journal américain de Sillimann*, 2e série, vol. XXXIX,), est identique avec l'arœoxène, et c'est aussi un sé tribasique. — *f*. La volborthite, suivant l'analyse de r (*Annales de Poggendorff*, CXXIV, p. 546), contient équivalent d'acide vanadique et 3 d'oxyde basique. acide vanadique, fondu avec du carbonate de soude, dé- 3 molécules de dioxyde de carbone, ce qui montre vanadate de sodium est tribasique, et que la formule el est Na^3VO^4.

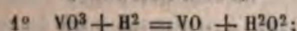
es composés appelés jusqu'à présent des monovanaont des sels qui correspondent aux phosphates monoes; on pourrait les appeler des métavanadates, avec NH^4VO^3 et $Ba2VO^3$ pour formules. Les composés qui désignés sous le nom de bivanadates sont des sels es, ayant beaucoup de ressemblance avec les sels es que forment les acides chromique et borique.

a trouvé, par l'analyse de l'azoture de vanadium, qui a paré, que sa composition en poids est de 51,3 parties adium, et de 14 parties d'azote.

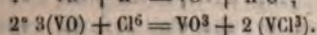
d on prend V^2O^5(V=51,3) pour représenter la compole l'acide vanadique, on peut aussi, avec cette formule, nter toutes les réactions dans lesquelles cet acide était é (par Berzelius, Rammelsberg, Schafarik, etc.) conteomes d'oxygène avec un poids atomique de V = 67,3.

Formules de Berzelius :

(V=68,5). (O=8).

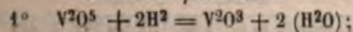


1° $VO^3 + H^2 = VO + H^2O^2$;

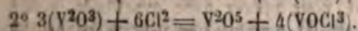


2° $3(VO) + Cl^6 = VO^3 + 2\,(VCl^3)$.

Nouvelles formules :



1° $V^2O^5 + 2H^2 = V^2O^3 + 2\,(H^2O)$;



2° $3(V^2O^3) + 6Cl^2 = V^2O^5 + 4(VOCl^3)$.

II. — Préparation des composés du vanadium.

oique les corps dont on tire le vanadium soient assez eux, on obtient toujours les sels composés de ce métal petites quantités, que ces sels peuvent être regardés comme une très-grande rareté chimique. Aussi la difficulté d'arriver à des recherches satisfaisantes sur les propriétés du vanadium est prouvée par les résultats contradictoires que, sur les mêmes points importants, les derniers expérimentateurs ont donnés. Mon attention avait été appelée, depuis quelque temps déjà, sur la présence du vanadium dans quelques lits des mines de cuivre de *the lower Keuper*, terre à sablon de trias, cuivre travaillé à Alderley-Edge et à Mottram Saint-Andrews, dans le Cheshire. J'avais été assez heureux pour m'assurer une assez grande provision de ce métal par l'achat de scories mises au rebut, et renfermant du vanadium obtenu comme résidu dans l'extraction du cobalt que la compagnie des mines d'Alderley-Edge tire des sables de Mottram. M. Hull a bien décrit dans le *Magasin géologique* (1864, vol. I, p. 65) les lignes géologiques du remarquable dépôt de sel métallique qu'on trouve dans les sables de Keuper. Les couches horizontales de sable renferment du cuivre à l'état de carbonates bleus ou verts, du carbonate de plomb et de la galène, de l'ocre noire de cobalt et des oxydes de fer. Tous ces corps sont en assez grande quantité pour être exploités. Ils se trouvent en même temps que de l'arsenic, du cuivre du bioxyde de manganèse et du baryum dans les résidus. Ce sable, d'une composition uniforme et tendre, est métallifère et a une profondeur de moins de soixante pieds; il est diversement coloré depuis le vert et le brun jusqu'au noir, suivant la nature de la croûte métallique qui enveloppe les grains de sable. On doit à M. Hull la disposition des lits :

	Pieds.	Pouces.
1° Sable jaunâtre......................	4	0
2° Une mince couche d'argile avec une bande de sable cuivreux au fond..............	2	6
3° Du sable ferrugineux avec de gros nodules contenant du carbonate de plomb...	6	0
4° Une couche de cobalt couverte d'une lame de sable contenant du cobalt terreux.....	4	6
5° Du sable blanc compacte avec du carbonate de plomb.........................	5	0
6° Du sable ferrugineux avec du cobalt, du manganèse et du fer..................	12	0

Le cuivre est disséminé dans tout le sable et dans une proportion qui n'est pas moins de 0,5 à 2,5 pour 100. Il est dissous dans l'acide chlorhydrique, et on le précipite par une lame de fer. Le plomb, disséminé dans toute la masse en petits cristaux, est séparé du sable par la dissolution et le lavage; quelques fragments renferment de 30 à 40 pour 100 de ce minerai.

Le sable avec lequel on prépare le vanadium est d'une couleur claire. Il contient de 1 à 3 pour 100 d'oxydes de cuivre, de cobalt et de nickel, répandus dans la masse comme des taches brunes, vertes ou rouges. Après les avoir écrasés, on dissout ces minerais dans l'acide chlorhydrique; on détermine une réaction alcaline par l'addition d'un lait de chaux, et la liqueur blanchit; une partie du cuivre, avec tout le nickel et le cobalt, reste en dissolution, pendant que le plomb, le fer et l'arsenic (dont une partie provient de l'acide employé), un peu de cuivre et le vanadium, sont précipités. Comme maintenant la mine de Mottram est fermée, il me fut impossible d'obtenir, pour l'examiner, un échantillon des sables énumérés plus haut, de sorte que je n'ai pas pu déterminer

(1) Voici la valeur du pied et du pouce anglais en mesures françaises :

Pouce..............	2,539 954 centimètres.
Pied................	3,0479 449 décimètres.

lequel contenait le vanadium à l'état de vanadinite, quoique, pour d'autres raisons, je pense le connaître.

Le directeur de la mine croyait que le précipité dont j'ai parlé plus haut contenait environ 10 pour 100 de cuivre; on le dissolvait dans l'acide et l'on précipitait le cuivre par le zinc; laissée en repos, la liqueur gardait une couleur bleue qu'on reconnaissait bientôt être due au vanadium. Une première analyse du précipité montrait qu'il renfermait environ 2 pour 100 de vanadium, avec du plomb, de l'arsenic, du fer, de la chaux et des traces d'acides sulfurique et phosphorique.

Pour retirer de cette matière le vanadium et ses composés en quantité suffisante et avec méthode, j'ai été heureux de rencontrer l'aide obligeante de mes amis, MM. Roberts, Dale et Cie. Trois quintaux (1) de cette matière furent séchés, puis bien mélangés avec quatre fois leur poids de charbon; ce mélange fut chauffé dans un fourneau fermé, pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'on eût ainsi chassé la plus grande partie de l'arsenic. Ainsi, le charbon avait été brûlé. La masse fut mélangée avec le quart de son poids de soude, et bien chauffée dans un four à réverbère, avec les portes ouvertes pendant deux jours, pour oxyder le vanadium du vanadate soluble. La masse fut de nouveau lavée, et la solution laissa déposer les matières insolubles. On rendit acide avec de l'acide chlorhydrique la liqueur, dans laquelle passait un courant d'acide sulfureux pour réduire les arséniates, et ce qui pouvait rester d'arsenic était précipité par l'hydrogène sulfuré. La liqueur, d'un bleu foncé, ainsi obtenue, était neutralisée avec soin par l'ammoniaque (un excès peut faire disparaître beaucoup de vanadium dans la liqueur); on lavait le précipité d'acide de vanadium sur des filtres de feutre; on l'acidifiait avec l'acide azotique et l'on faisait évaporer par le feu. On faisait alors chauffer le résidu sec d'acide vanadique avec une solution saturée de carbonate d'ammoniaque qui laissait les sulfates insolubles de chaux, d'alumine, etc., et la liqueur filtrée était évaporée jusqu'à ce qu'on obtînt un vanadate insoluble d'ammoniaque. On mélangeait ce vanadate grossier avec une solution de sel d'ammoniaque et de sel de soude, et on le faisait cristalliser de nouveau. Pour retirer avec soin l'acide vanadique de ce sel, on le chauffait dans l'air, et l'on mettait l'acide réduit en poudre dans une eau traversée par un courant de gaz ammoniac. On séparait par filtration le vanadate d'ammoniaque dissous du résidu contenant de la silice, du phosphore, etc., et l'on faisait cristalliser dans un vase de platine : le pentoxyde obtenu était débarrassé du phosphore. Au commencement, on avait aussi adopté un autre mode pour obtenir tout à fait pur le pentoxyde de vanadium. On préparait l'oxychlorure pur, qu'on décomposait par l'eau, qui abandonnait l'acide sous forme de poudre d'une belle couleur orange. Pour purifier cette poudre de toute trace, difficile à enlever, de silice, on l'humectait avec de l'acide sulfurique, et on l'exposait pendant plusieurs jours, dans un vase de platine, à un courant d'acide fluorhydrique gazeux. Enfin on chassait l'acide sulfurique et l'on dissolvait. On obtenait alors de larges cristaux transparents d'acide vanadique pur. Les minerais de vanadium paraissent contenir invariablement plus ou moins de phosphore, et ce fait sert à montrer les relations cachées qui existent entre ces deux corps simples. Ce n'est qu'avec une grande difficulté qu'on peut ob-

(1) Le quintal anglais pèse 50 kil., 80.

tenir la complète séparation du phosphore du vana
Quand le vanadium renferme beaucoup de phosphore, le
leur moyen de s'en débarrasser, est de faire brûler l
impur, avec du sodium, dans un creuset de fer bien cl
de laver avec décantation les oxydes de vanadium jusq
que les eaux qui proviennent de ce lavage n'aient plu
réaction alcaline. On doit souvent répéter cette opér
trois fois au moins avant que le molybdène cesse d'accu
présence du phosphore. Dans le procédé de préparatio
nous avons décrit plus haut, des cristallisations réitérées
des sels d'ammoniaque, on avait chassé complétement le
phore par les manipulations précédentes, car le molybdè
donnait jamais aucune trace de précipité.

L'action de traces d'acide phosphorique sur l'acide vana
est très-remarquable. La présence de plus de 1 pour 1
poids d'acide phosphorique empêche complétement la cr
lisation de l'acide vanadique, dont la masse fondue pré
une cassure vitreuse et l'apparence du verre noir. La
sence, soit de silice, soit d'arsenic ou d'un acide plu
d'acide de vanadium, ne produit pas cet effet. Mais, ce q
encore plus singulier, c'est l'action que quelques traces d'
phosphorique exercent sur la réduction de l'acide vana
par l'hydrogène à la chaleur rouge. Ainsi, un mélange d'
vanadique avec 1 pour 100 de son poids de pentoxyd
phosphore, pesant 1gr,5888, réduit par un courant d'h
gène, ne perd que 0gr,0007. S'il n'y a pas de phospho
perte est beaucoup plus grande, car elle est de 0gr,2784.

III. — DÉTERMINATION DU POIDS ATOMIQUE DU VANADIUM
RÉDUCTION DU PENTOXYDE DE VANADIUM DANS L'HYDROGÈ

On peut suivre la méthode que Berzelius avait d'abord
ployée pour la détermination du poids atomique du vanad
c'est-à-dire la réduction de l'acide vanadique dans un co
d'hydrogène, parce que le trioxyde réduit (le suboxyde de
zelius) ne subit aucun changement quand la températur
portée à la chaleur rouge, et que la réduction du pento
en trioxyde est tout à fait finie au-dessous de cette tem
ture. En suivant cette méthode, Berzelius avait trouvé q
vanadium pouvait être représenté par 68,5; le nombre
qui résulte des expériences que nous indiquons plus loi
l'on suit l'hypothèse de Berzelius, est 67,3.

Dans les déterminations d'équivalent qui suivent,
avons toujours employé plus de 5 grammes de pentoxyde
On mettait le pentoxyde dans un tube incliné, de verre
qui était posé sur une nacelle de platine placée elle-m
dans un tube de verre. Pour le premier tube, on choisissai
verre qui, chauffé plusieurs fois dans un bain de magnési
refroidi ensuite, ne perdait pas plus de 0gr,0001 à l'air se

Avant la réduction, on chauffait le pentoxyde de vanadi
réduit en poudre, jusqu'à ce que son poids demeurât const
Après la réduction, le tube était refroidi complétement
un courant d'hydrogène, puis on chassait ce gaz par un

(1) En général, pour opérer avec exactitude, il faut employer
plus grande quantité de matières que celle prise par Berzelius. La
grande dont il se soit servi est 2gr,2585 d'acide vanadique
la plus petite 0gr,6499. Une erreur d'un milligramme su
premier poids peut produire une différence de $\pm$ 0,2 sur le
atomique; tandis que la même erreur sur la deuxième quantité
produire une différence de $\pm$ 0,7. Ainsi, en opérant sur 5 gram
la différence dans le résultat produit par une erreur de 1 milligra
n'est plus que de $\pm$ 0,086.

r sec. Si, par négligence, on chauffait l'acide réduit l absorbait de l'oxygène, brûlait subitement, et la convertissait en oxyde bleu. Si, cependant, l'acide oidi, on pouvait le laisser exposé à l'air sec sans ent dans son poids : une expérience dans laquelle on stitué de l'azote à l'air ayant donné les mêmes ré- ie ceux d'une expérience faite dans l'air.

es expériences où l'acide était placé dans un tube de dernier était soigneusement bouché, ce qui permet laisser, pendant une demi-heure, dans le plateau de e avant de le peser. Alors on retirait avec précaution e de platine avec l'oxyde réduit, et l'on plaçait le tube stion dans une coupelle pour le peser. La nature hy- que de l'oxyde rendait ces précautions indispensables, ulait opérer avec exactitude.

ogène employé était bien purifié et desséché; tous les l'appareil étaient bien recouverts de fil de cuivre et e de la paraffine. Le gaz traversait des dissolutions d'argent, de pyrogallate de soude, de soude caustique e sulfurique; et avant le dernier tube se trouvait rempli de tournure de cuivre maintenue à la chaleur pendant tout le cours de l'expérience, pour qu'on in de se débarrasser de l'oxygène. De plus, pour con- oxygène répandu dans l'appareil, au delà du tube à ion, on attachait un tube, préalablement pesé, con- u pentoxyde de phosphore et disposé de manière à er pendant les quatre heures que passait l'hydrogène. le l'opération, le tube desséchant avait gagné 0gr,0002, prouvait l'absence d'oxygène. Quand on veut des- l'hydrogène, on ne peut employer que l'acide sul- fumant. Dans quelques expériences préliminaires, où ait servi, dans le dernier tube à dessécher, de pent- e phosphore, l'action réductrice de l'hydrogène n'était nplète, et le nombre ainsi trouvé pour l'équivalent p élevé. On trouva, après beaucoup de peine, que cette ce était causée par de légères traces de pentoxyde de re, qui étaient toujours entraînées au delà des flocons , avec l'air et l'hydrogène dans l'acide vanadique. En ous avons déjà dit que la plus petite quantité d'acide orique rendait impossible la réduction complète de vanadique. Voici, par exemple, les déterminations rouvait dans deux expériences différentes :

2gr,9232 de pentoxyde de vanadium laissaient 2gr,4840 de trioxyde, ce qui donnait : V = 65,4.

4gr,2826 de pentoxyde laissaient 3gr,5649, ce qui donnait V = 55,4.

nalysant le résidu de l'oxyde par du phosphore, on trou- e la partie supérieure du trioxyde contenue dans la renfermait du pentoxyde de phosphore, tandis que la ntérieure en était exempte. En général, pour vérifier ns ce cas, la réduction était incomplète, on traitait par re, et dans un tube, 3gr,4886 d'oxyde réduit par ce ; on volatilisait tout le chlorure, et le résidu fondu vanadique pesait 2gr,165. Si l'oxyde eût été complé- réduit, le résidu d'acide vanadique n'aurait pesé ,407.

avons fait, avec le plus grand soin possible, jusqu'à éterminations de ce poids atomique, et les résultats ont e 52,2 à 65,4, seulement à cause de l'emploi de l'acide orique anhydre dans les tubes à dessécher. Aussitôt a supprimé cette cause d'erreurs, par la substitution de l'acide sulfurique, la réduction du pentoxyde en trioxyde s'est faite complétement, et les résultats sont demeurés constants. La formule de l'acide vanadique étant V^2O^5, et celle de l'oxyde obtenu par réduction V^2O^3, on trouve l'équivalent du poids atomique du vanadium par cette équation :

$$x = \frac{8(5b-3a)}{a-b}$$

dans laquelle a représente le poids de l'acide vanadique employé, et b celui de l'oxyde réduit qu'on obtient.

Détermination n° 1. — L'acide vanadique (ou vanadium pentoxyde) employé dans cette détermination et dans les suivantes était préparé avec du vanadate d'ammoniaque qu'on a chauffé fortement. On obtient ainsi un acide qui renferme des traces de silice et de phosphore. Pour le débarrasser de ces substances, voici comment on le traite. L'acide en poudre est d'abord mélangé et brûlé, avec son poids de sodium, dans une coupelle de fer; on sépare par décantation l'oxyde complétement réduit; on le traite par l'acide chlorhydrique, pour le débarrasser du fer, et on l'oxyde avec l'acide nitrique. L'acide vanadique est alors réduit dans un courant d'hydrogène et converti, par la chaleur, en oxychlorure dans un courant de chlore. Après rectification, le chlorure est décomposé par l'eau. Ensuite l'acide en poudre qui se sépare est mouillé avec de l'acide sulfurique pur, et exposé pendant dix jours à l'action de vapeurs d'acide fluorhydrique. En fondant et laissant refroidir cet acide purifié, on obtient des cristaux transparents, d'un rouge foncé, ayant 5 à 6 centimètres de longueur, garnissant le fond du vase.

Poids de la nacelle de platine après le premier chauffage (1) dans l'air, plus celui du tube..	19gr,6287
Poids de la nacelle de platine après le premier chauffage..........................	19 6287
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après le premier chauffage à l'air pendant une heure..........................	27 368
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après le deuxième chauffage à l'air pendant deux heures..........................	27 3684
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après le troisième chauffage pendant deux heures..........................	27 3684

Le poids du pentoxyde de vanadium employé est donc de 7gr,7397. Après la réduction, on ne recommence pas les pesées avant que toute trace d'eau disparaisse. Cependant on pèse deux fois pour s'assurer que le poids reste constant.

Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un premier chauffage dans l'hydrogène pendant cinq heures..............	26gr,0120
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un second chauffage dans l'hydrogène pendant trois heures et demie............	26 0114

Le poids atomique, calculé avec ces nombres, donne la formule indiquée plus haut : V = 51,257.

Détermination n° 2.

Poids de la nacelle de platine après le premier chauffage dans l'air, plus celui du tube.....	19gr,6258
Poids de la nacelle de platine après le second chauffage, plus celui du tube..............	19 6259

(1) Le tube et les bouchons étaient souvent repesés pour vérifier que le frottement du bouchon produit une diminution appréciable dans le poids. A la fin des séries des déterminations, on trouva qu'il y avait une perte de 0gr,0004, poids parfaitement appréciable avec la balance employée, mais sans influence sur les résultats. Stas signale aussi une diminution régulière de poids dans les tubes bouchés due à la même cause.

Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après un premier chauffage dans l'air pendant deux jours et un quart..........	26 2074
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après le second chauffage dans l'air pendant deux jours et demi..............	26 2079
Le poids du pentoxyde de vanadium employé est donc de................................	6 5819
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un premier chauffage dans l'hydrogène pendant trois jours et demi..............	25 058
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un second chauffage dans l'hydrogène pendant trois jours	25 0569
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un troisième chauffage dans l'hydrogène pendant trois jours.....................	25 0560
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un quatrième chauffage dans l'hydrogène pendant trois jours	25 0555

Le poids atomique calculé d'après ces nombres est V=51,391.

Ce qui confirme ce résultat, c'est que l'oxyde réduit était chauffé, dans un courant d'air sec, jusqu'à ce qu'on obtint un poids constant. On obtient un acide en poudre d'une belle couleur orange. Les nombres suivants montrent que le premier poids était dépassé de plus de 0gr,0004 :

Poids de la nacelle de platine et de l'acide vanadique, après un chauffage doux dans un courant d'air pendant quatorze heures.........	26gr,2075
Poids de la nacelle de platine et de l'acide vanadique après un chauffage de plus de trois heures..................................	26 2073

Détermination n° 3. — Le pentoxyde employé pour cette détermination est préparé par la décomposition d'une autre partie d'oxychlorure rectifié par l'eau. Il est purgé de phosphore, mais on ne le traite pas par l'acide fluorhydrique. On emploie, pour cette expérience, un tube de verre dur chauffé dans un bain de magnésie.

Poids du tube après un premier chauffage suivi de refroidissement............................	38gr,4666
Poids du tube après un deuxième chauffage suivi de refroidissement......................	38 4667
Poids du tube et de l'acide vanadique après un chauffage pendant un jour dans l'air sec....	43 6562

On emploie donc en poids 5gr,1895 de pentoxyde de vanadium.

Poids du tube et de l'oxyde réduit, après avoir été chauffé dans l'hydrogène, avec trois becs dits de Bunsen.........................	42gr,7689
Poids après un premier chauffage dans l'hydrogène sur un fourneau....................	42 7678
Poids après un deuxième chauffage dans l'hydrogène sur un fourneau....................	42 7511
Poids après un troisième chauffage dans l'hydrogène sur un fourneau....................	42 7486

D'après ces chiffres, on calcule, pour le poids atomique V = 51,485.

Détermination n° 4. — On prépare l'acide employé dans cette expérience par le grillage du vanadate pur d'ammoniaque. Le résidu est ensuite complétement oxydé avec l'acide nitrique. On obtient d'abord ce vanadate par la décomposition de l'oxychlorure rectifié dans l'eau, après l'avoir fait cristalliser à quatre reprises différentes. Pour débarrasser cet acide du phosphore et de la silice qu'il peut contenir, on le mouille avec de l'acide sulfurique pur et on le place, pendant plusieurs jours, sous l'action de (1) l'acide fluorhydrique gazeux,

(1) Une expérience spéciale a prouvé que toute trace d'acide sulfurique est facilement chassée par l'ignition du pentoxyde de vanadium.

dans une capsule de platine. Le poids constant de la na de platine et du tube est 25gr,2630.

Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après un premier chauffage dans l'air.	30gr,3109
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après un second chauffage dans l'air..	30 3074
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après un troisième chauffage dans l'air.	30 3083
Poids de la nacelle, du tube et de l'acide vanadique après un quatrième chauffage dans l'air.	30 3080

On emploie donc un poids de 5gr,0450 de pentoxyd vanadium.

Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un premier chauffage dans l'hydrogène.	29gr,4290
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un deuxième chauffage dans l'hydrogène................................	29 4252
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un troisième chauffage dans l'hydrogène................................	29 4244
Poids de la nacelle, du tube et de l'oxyde réduit, après un quatrième chauffage dans l'hydrogène................................	29 4244

D'après ces nombres, on trouve 51,353 pour poids atomi

Si l'on chauffe doucement l'oxyde réduit dans un cou d'air, on atteint le poids constant 30gr,3074 ; si l'on y aj 0gr,0006, on retrouve le premier poids de la nacelle, du et de l'acide vanadique employé.

La moyenne de ces quatre déterminations est 51,371 peut donc être assuré que le poids atomique du vanad quand on l'obtient par la réduction du pentoxyde en trio est 51,4, qui est vrai avec une approximation en plus o moins de 0,07.

Détermination	n° 1.	51,257,	différence de la moy.	— 0,1
—	n° 2.	51,391,	—	+ 0,0
—	n° 3.	51,485,	—	+ 0,1
—	n° 4.	51,353,	—	— 0,0
	Moyenne..	51,371	Moyenne des erreurs	± 0,0

Berzelius trouvait 52,55 comme nombre moyen, ca pour V^2O^5, avec une erreur moyenne de 0,12. Les recher postérieures de Czudnowicz, qui sont les seules qui peu contrôler approximativement le chiffre de Berzelius, don une moyenne de 55,35 avec une erreur moyenne de 2,33

Ce fait, que les anciennes déterminations donnent un fre plus élevé que les expériences précédentes, doit tenir que l'acide n'était pas tout à fait oxydé, ou, plus prob ment, à ce que l'oxyde n'était pas complétement réduit. déjà dit plus haut : 1° que la présence de la plus légère t de phosphore empêchait la complète réduction, par l'hy gène, du pentoxyde en trioxyde ; 2° que les minerais nat de vanadium contiennent du phosphore dont on peut re naître les plus faibles traces au moyen de l'acide molybdi ce qu'on ignorait du temps de Berzelius ; 3° que ce qu'avec beaucoup de difficulté qu'on obtient la com séparation du phosphore du vanadium. On peut donc conclure que la différence de 1,15 trouvée, pour le p atomique du vanadium, par les expériences ci-dessus déc et celles de Berzelius, est due à la présence de légères tr de phosphore dans l'acide vanadique employé par l'ill Suédois (1).

(1) Depuis que ceci a été écrit, j'ai analysé un échantillon d' vanadique envoyé par Berzelius à Faraday en 1831, et, dans cette stance, j'ai trouvé une quantité considérable de phosphore. — H.

IV. — OXYDES DE VANADIUM.

s avait déterminé la composition de trois oxydes de . Ce sont les suivants :

iboxyde, ou oxyde le plus bas, obtenu par la réduc- cide vanadique dans l'hydrogène. Berzelius suppo- it oxyde contenait un atome d'oxygène. Aussi il lui formule VO = 76,5.

de vanadique, auquel Berzelius donnait la formule , trouvée par l'analyse d'un sulfate hydraté, aussi par celle du précipité d'oxyde desséché par le vide. le vanadique VO^3 = 92,5, qu'il trouvait contenir trois 'oxygène que le suboxyde.

s a encore décrit plusieurs oxydes intermédiaires dit pas s'il les a isolés et analysés.

s oxydes existent et possèdent la plus grande partie étés que Berzelius leur avait trouvées; cependant r chacun d'eux, à chaque atome d'oxygène (O = 16) e plus que Berzelius ne le faisait, un atome de va- = 68,5) : c'est ce qui était ignoré. A côté de ces oxy- a trouvé un encore plus bas, contenant un atome de moins que le suboxyde de Berzelius, et ayant ce- poids atomique du métal de Berzelius. Cet oxyde te comme un radical. On peut l'appeler vanadyle, ermet de supposer l'existence d'oxydes plus élevés. ons alors, en prenant V = 51,3 :

yde de vanadium, ou vanadyle, V^2O^2.

yde de vanadium (suboxyde de Berzelius), V^2O^3, ou

xyde de vanadium (oxyde vanadique de Berzelius), $^2O^2 + O^2$.

oxyde de vanadium (acide vanadique), V^2O^5, ou

de de vanadium (ou *vanadyle*), V^2O^2 = 134,6.— L'ura- asse seul en facilité le vanadium à se combiner avec ainsi que l'a remarqué M. Péligot, dans les *Annales et de physique* (5e série, t. V et XII). Comme l'ura- anadium abandonne difficilement un atome d'oxyde, de le moins élevé entre comme radical dans quel- posés. On doit donc donner justement à cet oxyde le nadyle (VO).

obtenir le dioxyde de vanadium sec à l'état de pou- ayant un éclat métallique, en faisant passer un mé- ydrogène et de vapeurs de trichlorure de vanadyle ans un tube à combustion contenant du charbon rouge. On trouve que les oxychlorures plus légers se réunir au delà du tube, tandis que le dioxyde de , sous forme de poudre grise, avec un bel éclat mé- este mélangé avec le charbon. On chauffe fortement e dans un courant d'hydrogène; toute trace de chlo- va, et il ne reste qu'un mélange de charbon et de e dioxyde de vanadium possède un éclat gris métal- e dissout dans les acides en déplaçant l'hydrogène, tion prend la couleur lavande, qui blanchit rapi- u jour. Il est insoluble dans l'eau.

TION 1re. — *Analyse* 1re. — On traite par de l'acide ique 0^gr^,8650 du mélange de bioxyde de vanadium rbon dont on vient de parler; on chasse ensuite le le chauffage dans l'hydrogène. Le charbon, réuni re et séché à 120 degrés centigrades, pèse 0^gr^,6126; étant filtrée et évaporée à siccité avec de l'acide ni- trique, le résidu fondu donne 0^gr^,3605 de pentoxyde de vanadium.

Analyse 2. — On chauffe dans un courant d'oxygène une autre partie de ce même mélange, qu'on place dans une nacelle de platine, après en avoir chassé le chlore. Le bioxyde de carbone formé est pesé, et l'on trouve un résidu de pentoxyde de vanadium. 0^gr^,0996 de substance ont donné 0^gr^,2482 de bioxyde de carbone et 0^gr^,0416 de pentoxyde de vanadium. La proportion de vanadium dans la poudre grise était donc de 105,3 pour la première analyse, et 96,1 pour la seconde.

Dissolution de dioxyde de vanadium.— Si l'on fait longtemps bouillir du pentoxyde de vanadium bien pulvérisé avec de l'acide sulfurique étendu de cinquante fois son volume d'eau, et dans lequel on a mis du zinc, on a une liqueur d'un rouge sombre, qui change rapidement de couleur sous l'influence de l'hydrogène naissant, qui passe du bleu au vert au bout de quelque temps, et s'arrête à la couleur lavande ou violette. Le vanadium contenu dans cette dissolution est très-peu oxydé (V^2O^2 = 134,6). Aussi ce composé absorbe l'oxygène du bleu d'indigo, ou des autres matières colorées végétales, aussi vite que le chlore. Il agit comme ayant un très-grand pouvoir réducteur. Pour évaluer le degré d'oxydation du vanadium dissous, on y ajoute de la liqueur titrée de permanganate de potasse pour le réduire jusqu'à ce qu'on produise la couleur œillet. On produit ainsi du trioxyde de vanadium (dont la composition est donnée plus loin), ce qui prouve qu'on obtient le maximum d'oxydation (V^2O^5), et qu'on l'atteint exactement par un excès d'acide sulfurique (1).

Le degré de la dissolution de permanganate qu'on prépare avec des cristaux purs, est estimé avec exactitude au moyen du fer et de l'acide oxalique. On trouve, avec un centimètre cube de liqueur titrée, 0^gr^,001413 d'oxygène : c'est la moyenne de trois expériences semblables. On s'assure, par des essais fréquents, que le degré de la liqueur ne change pas pendant le cours des déterminations.

RÉDUCTION PAR LE ZINC.	EXPÉRIENCES.		
	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Poids de pentoxyde employé..	0,1038	0,0963	0,1672
Centimètres cubes de permanganate employés.........	19,4	18,2	31,6
Perte d'oxygène sur 100 V^2O^5	26,4	26,6	26,6

La perte calculée de l'oxygène pour 100 de pentoxyde de vanadium se réduit, pour le trioxyde V^2O^2, à 26,3; la moyenne des expériences est le nombre 26,53.

D'ordinaire, pour contrôler les résultats précédents, on prépare une nouvelle dissolution de permanganate. Un centimètre cube de cette liqueur contient 0^gr^,001301 d'oxygène. Comme pour réduire jusqu'à complète oxydation par le zinc 0^gr^,1397 de pentoxyde de vanadium dissous dans l'acide sulfurique, il faut 27,7 centimètres cubes de cette dissolution, la perte correspondante est de 25,8 pour 100. Pour s'assurer de la bonté de cette méthode, on trouve, au préalable, qu'une dissolution contenant un gramme de pentoxyde de vanadium dissous dans l'acide sulfurique prend la couleur fixe œillet, quand on lui ajoute 3 centimètres cubes de la dissolution de permanganate. On établit également que 5 grammes

(1) Ce mode d'évaluation a été proposé et employé par Czudnowicz (*Ann. de Poggend.*, vol. CXX, p. 37); cependant ses résultats diffèrent tout à fait des miens. Il ne dit pas qu'il obtient une dissolution couleur de lavande par l'action du zinc, et il est clair que, dans ses méthodes, l'action réductrice de l'hydrogène n'est pas suffisante.

de zinc dissous dans l'acide sulfurique et étendus au même degré que dans les déterminations ne demandent qu'une seule goutte de la dissolution de permanganate pour arriver à la teinte fixe œillet.

Réduction par le cadmium, par un amalgame de sodium. — Les dissolutions de pentoxyde de cadmium dans l'acide sulfurique sont aussi réduites par le cadmium (on facilite le départ de l'hydrogène en mettant une lame de platine) et par l'amalgame de sodium. Le résultat final est la formation d'une solution lavande de dioxyde. Voici comment les choses se passent :

	RÉDUCTION PAR le cadmium.	RÉDUCTION PAR l'amalgame de sod.
Poids de pentoxyde employé.........	0,0897	0,0681
Centimètres cubes de permanganate employés (1=0,001413)...........	16,4	12,8
Perte d'oxygène pour 100 parties de pentoxyde.....................	25,8	26,6

La moyenne de ces six déterminations donne 26,3, pour la perte d'oxygène, avec 100 parties de pentoxyde de vanadium. Ce nombre est le même que celui trouvé par le calcul.

Le sel formé par l'action réductrice de l'hydrogène, en présence des métaux ci-dessus désignés et de l'acide sulfurique, est un sulfate double de vanadium, dans l'acide sulfuriquo duquel un équivalent d'hydrogène est remplacé par un équivalent de métal. Je n'ai pas encore déterminé la composition de ce sel. Quand à la liqueur de couleur lavande on ajoute de l'ammoniaque ou de la potasse caustique, on obtient un précipité brun : il se forme probablement un hydroxyde de vanadium qui absorbe aussitôt de l'oxygène.

Si on laisse exposée à l'air, pendant quelques secondes, la dissolution neutralisée de teinte lavande, sa couleur change et devient d'un brun chocolat foncé. Ce changement est en vérité si rapide, quand presque tout l'acide libre est neutralisé par le zinc, qu'une dissolution semblable de couleur lavande peut servir comme un moyen de découvrir l'oxygène, qui n'est pas moins sensible que le pyrogallate alcalin. Quand on fait passer un courant d'air à travers la solution lavande de sulfate, en présence d'un excès d'acide, elle absorbe de l'oxygène et passe graduellement à une belle teinte bleue fixe. La liqueur contient alors en dissolution du tétroxyde de vanadium, 2 atomes d'oxygène s'étant ajoutés (voyez plus loin le tétroxyde). Si l'acide libre dans la liqueur lavande de sulfate de vanadium a été complétement neutralisé par le zinc et l'air qui l'a traversé, cette liqueur garde la couleur brune ; mais, si on l'additionne d'acide, elle tourne au vert, et le vanadium qu'elle renferme est du trioxyde (voy. aussi plus loin le trioxyde). On détermine aisément le moment où commence la réduction et le changement de couleur, en essayant de temps en temps la liqueur avec du papier préparé. On peut partager en sept phases les changements de couleur que subit la solution de pentoxyde de vanadium dans l'acide sulfurique, en présence du zinc. Les voici :

Phases.	Couleur.	Réaction.	État d'oxydation du métal.
1re	vert.	acide	pentoxyde à tétroxyde de vanad.
2e	vert bleuâtre.	acide	pentoxyde à tétroxyde.
3e	bleu.	acide	tétroxyde.
4e	bleu verdâtre.	acide	tétroxyde à trioxyde.
5e	vert.	blanchit faibl.	trioxyde à dioxyde.
6e	violet bleu	blanchit fort.	—
7e	lavande ou violette.	—	dioxyde.

Ce tableau montre que l'action blanchissante commence à la cinquième période, au moment de la formation du dioxyde.

Une analyse quantitative faite de la même manière
que cette action cesse quand on a ajouté 9 parties et
à 100 parties de la liqueur réduite. Généralement, po
ser complétement au trioxyde, il faudra ajouter 11,9
d'oxygène. La réduction de dioxyde du vanadium au
de l'hydrogène naissant et en présence du zinc sert
thode facile et sûre pour évaluer le vanadium qu'on
dans certains métaux.

2. *Trioxyde de vanadium* (ou *suboxyde* de Berz
V^2O^3=150,6.— On obtient le trioxyde anhydre, ainsi qu
le savons, en réduisant à la chaleur rouge le pentox
vanadium dans un courant d'hydrogène. Il est très-stab
qu'à la température qui approche de la chaleur blanc
même, quand on chauffe à cette température du trioxyd
un courant d'hydrogène, il ne perd pas du tout de son
0^{gr},411 de pentoxyde de vanadium, qu'on réduit da
drogène et qu'on chauffe à blanc pendant deux h
dans un fourneau à vent, donnent 0^{gr},366 d'oxyde n
quantité théorique est 0^{gr},368.

A la description complète que Berzelius a faite des p
tés de cet oxyde j'ajouterai seulement qu'il subit une
tion, non-seulement en brûlant rapidement lorsqu'on l'
chaud à l'air, mais encore lentement, quand il est plac
la température et à l'air ordinaires. Un trioxyde amorph
après être demeuré plusieurs mois à l'air, subit un c
ment remarquable ; il prend plus d'un atome d'oxygèn
transforme en petits cristaux noirs de tétroxyde de c
foncée indigo.

Dissolution de trioxyde de vanadium.— Le trioxyde de
dium est insoluble dans les acides ; mais on peut l'obteni
en dissolution. Si l'on met un excès de magnésium d
dissolution étendue d'eau du pentoxyde de vanadium p
cide sulfurique, on n'observe plus le changement de c
en vert ou lors de l'emploi du zinc, du cadmium ou de l
game de sodium, et le liquide est alors devenu une disso
de trioxyde de vanadium.

En général, pour s'assurer de l'exactitude de la mé
d'analyse que nous avons indiquée, c'est-à-dire celle qu
siste dans l'oxydation au moyen d'une dissolution titr
permanganate, on emploie, dans la détermination des
atomiques, un poids connu de trioxyde de vanadium pr
par la réduction du pentoxyde de vanadium dans un co
d'hydrogène sec, avec les précautions décrites plus haut.

On met le trioxyde ainsi obtenu dans un flacon qui co
de l'acide sulfurique étendu et qu'on achève de re
avec de l'acide carbonique ; on ajoute du permanga
l'oxyde noir bien pulvérisé d'oxyde se dissout dans l'aci
l'on atteint facilement le point où il est complétement o
Pour oxyder complétement 0^{gr},4043 de pentoxyde de
dium réduit par ce procédé, il faut 50,4 centimètres cu
la dissolution de permanganate. On se rappelle que c
centimètre cube contient 0^{gr},001413 d'oxygène. La qu
employée indique que 100 parties de trioxyde ont pris
parties. Le calcul théorique indique une augmentatio
21,24 pour la transformation du trioxyde en pentoxyde.

On obtient les nombres suivants, en faisant agir le m
sium dans une dissolution de pentoxyde de vanadium
l'acide sulfurique : un centimètre cube de la dissolution é
de permanganate représentant toujours 0^{gr},001413 d'oxy

RÉDUCTION PAR LE MAGNÉSIUM.

	EXPÉRIENCES.			
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
...ntoxyde employé.	0,0759	0,1593	0,1025	0,1187
...s cubes de per-...te nécessaires..	9,4	19,6	13,0	15,0
...xygène trouvée ...0 parties de pen-.............	17,5	17,38	17,9	17,9
...ulée..........	17,5	17,5	17,5	17,5

...aussi obtenir une dissolution de trioxyde de vana-...une oxydation partielle de la dissolution couleur ...e dioxyde. On fait traverser par un courant d'air ...ion réduite, dans laquelle on neutralise l'acide en ...du zinc, et le zinc resté à l'état métallique est en-...iqueur prend alors une couleur brune qui passe ...r l'addition de quelques gouttes d'acide. Les deux ...rune et verte sont des dissolutions de trioxyde, car ...a pris un atome d'hydrogène, ainsi que le montrent ...es suivantes :

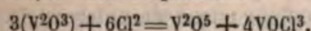
...672 de pentoxyde de vanadium réduits par le zinc ...par le passage d'un courant d'air pendant une heure ...t, pour leur complète oxydation, 21,9 centimètres ...a dissolution de permanganate précédente.

...652 de cet oxyde, traités de la même manière, ...ersés par un courant d'air pendant quatre heures, ...t, pour le même résultat, 21 centimètres cubes ...solution de permanganate, dans laquelle un centi-...e renferme 0gr,1320 d'oxygène.

...ans la première expérience, 100 parties de dioxyde ...ium ont absorbé 13,05 parties, et dans la seconde ...ies. Pour le faire passer à l'état de trioxyde, 11,9 ...t été employées.

...ajoute à la liqueur brune quelques gouttes d'acide, ...ange de couleur que lorsqu'on la fait traverser par ...t d'air pendant plusieurs jours. Elle tourne au vert, ...ygène ne l'altère plus. Quand on divise en parties ...dissolution brune, il faut, pour oxyder la première ...dée, neutralisée, puis ramenée au brun, 12,13 pour ...gène ; et pour ramener au vert, c'est-à-dire à l'état ...yde, l'autre partie à laquelle on a ajouté quelques ...'acide chlorhydrique, 10,82 pour 100 d'oxygène.

...du chlore sur le trioxyde de vanadium.— L'action du ...r cet oxyde a conduit Berzelius à lui donner la for-...(V=68,5) ; mais nous avons montré plus haut que, ...sidu d'acide vanadique, un tiers du vanadium reste ...avec l'oxygène, conformément à la formule V^2O^5, ...a V=51,3. Voici l'équation :

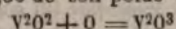
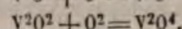

$$3(V^2O^3)+6Cl^2=V^2O^5+4VOCl^3.$$

...deux expériences pour vérifier la pureté du trioxyde ...ar la réduction de l'acide vanadique dans l'hydro-...s ont donné les résultats suivants :

...004 de V^2O^3, traités par le chlore, ont donné un ...pentoxyde pesant 1gr,8307. Théoriquement, il de-...1gr,8597. — 2° 0gr,2686 de V^2O^3 ont donné 0gr,992 ...yde, au lieu de 1gr,0858.

...encore à déterminer la constitution et la composi-...ls formant des dissolutions vertes.

...xyde de vanadium, ou *oxyde vanadique* de Berzelius ; ...6. — Berzelius obtenait le tétroxyde anhydre ...*Poggendorff*, vol. XXII, p. 19) en précipitant l'oxyde anhydre d'un sulfate, au moyen du carbonate de soude, et en lavant ce précipité, qu'il desséchait ensuite par le vide. Il trouvait que, dans la réduction par l'hydrogène, 0gr,762 laissaient 0gr,691, soit 90,67 pour 100 du suboxyde V^2O^3 (V=51,2) ; et il en concluait avec raison que l'oxyde vanadique a perdu la même quantité d'oxygène qu'en contient le suboxyde, c'est-à-dire la quantité que Berzelius croyait y être contenue ; car le bioxyde donne 90,36 de son poids de trioxyde. En effet,


$$V^2O^2+O=V^2O^3$$

$$V^2O^2+O^2=V^2O^4.$$

On peut également obtenir le tétroxyde anhydre par une légère oxydation dans l'air atmosphérique, à la température ordinaire, du trioxyde noir. Il possède la couleur du bleu indigo, et, si on le regarde au microscope, on voit qu'il est formé de beaux cristaux bleus. Ce résultat remarquable se présente quand on expose du trioxyde noir à l'air pendant plusieurs semaines, et il a été souvent répété. Quand on dessèche complétement, avec une pompe à air, 0gr,1686 de cristaux bleus ainsi obtenus, on trouve 1gr,2688 de pentoxyde de vanadium, ce qui représente une augmentation de 8,57 pour 100. Ainsi, pour changer 100 parties de tétroxyde en pentoxyde, il faut 9,59 parties d'oxygène. Ces cristaux bleus sont anhydres. Un poids connu de trioxyde fut exposé à l'air, puis desséché de temps en temps dans le vide et pesé. Le 13 novembre 1866, le poids était de 0gr,7507 ; le 4 février 1867, la couleur était le noir bleuâtre, et le poids était 0gr,8112. Le 25 mars suivant, la couleur avait passé au bleu, et le poids était 0gr,8267, accusant une augmentation de 10,13 pour 100 pour l'absorption d'environ un atome d'oxygène ; car, pour le transformer en pentoxyde, 100 parties de trioxyde demandent 11,87 parties d'oxygène. Quand on prolonge l'exposition de l'oxyde bleu, il change encore de couleur et devient d'un vert-olive foncé : il se forme un oxyde hydraté.

Dissolution de tétroxyde de vanadium. — Berzelius a décrit les belles dissolutions bleues des sels de tétroxyde de vanadium. On peut les obtenir par la première méthode suivante. On réduit par les agents réducteurs modérés, tels que l'acide sulfureux et l'acide sulfhydrique (probablement aussi l'acide oxalique, le sucre, l'alcool, etc.), les dissolutions de pentoxyde de vanadium dans l'acide sulfurique. Le second procédé consiste à faire traverser par un courant d'air une dissolution acide de sulfate de vanadium.

Premier procédé. — Si l'on fait passer de l'acide sulfureux ou de l'acide sulfhydrique dans la dissolution étendue de pentoxyde de vanadium par l'acide sulfurique, le liquide prend une couleur permanente bleue qu'on ne peut plus faire passer au vert ou au rouge violet, si l'on continue l'action des agents réducteurs. Pour déterminer le degré d'oxydation du métal, on chauffe la dissolution dans une atmosphère d'acide carbonique jusqu'à complète expulsion des agents de réduction ; puis on la laisse refroidir, et l'on ajoute du permanganate titré jusqu'à ce qu'on obtienne la couleur œillet.

	Réduction par l'acide sulfureux.		Réduction par l'acide sulfhydrique.			
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Poids de pentoxyde employé..........	1,1062	0,1106	0,1060	0,1248	0,1480	0,1239
Centimètres cubes de permanganate employés (1 centimètre cube = 0,001413 d'oxygène)........	6,7	7,0	6,8	8,3	9,5	7,9
Perte d'oxygène pour 100 parties de pentoxyde...........	8,94	8,94	8,97	9,39	9,01	9,00

Ces chiffres donnent une perte moyenne de 9,03 ; la théorie indique 8,75.

Second procédé.— Quand la dissolution acide de dioxyde est traversée par un courant d'air, elle prend la couleur bleue et renferme du tétroxyde.

1° Pour oxyder complétement 0gr,1149 de pentoxyde de vanadium, préalablement réduits par le zinc, et dont la dissolution acide a été traversée par un courant d'air, pendant quinze heures, il faut employer 9,5 centimètres cubes de permanganate (un centimètre cube contenant 00gr,01320 d'oxygène). — 2° 0gr,0919 de pentoxyde de vanadium, traités de la même manière, demandent 6,3 centimètres de permanganate pour être amenés à complète oxydation.

Cent parties de dioxyde de vanadium ont donc absorbé, dans le premier cas, 20,9 parties, et dans l'autre 23,4 parties d'oxygène; théoriquement, il fallait 23,78 parties. En évaporant la liqueur bleue, on obtient le sulfate dont l'oxyde a été analysé par Berzelius. On peut le regarder comme un sulfate de vanadyle, ou comme de l'acide sulfurique dans lequel l'hydrogène est remplacé par du vanadyle.

4. ***Pentoxyde de vanadium*** (*acide vanadique*, V^2O^5; poids moléculaire, 182,6). — Berzelius a bien décrit toutes les propriétés de l'acide vanadique. La seule addition importante qu'on ait faite, à notre connaissance, depuis ce temps, c'est la détermination de la forme cristalline (prisme à base rhombe) donnée par Nordenskjöld (*Annales de Poggendorff*, vol. CXII, p. 160). Dans ce travail, nous nous proposons de ne nous occuper de la composition et des propriétés de l'acide vanadique et des vanadates qu'autant qu'il sera nécessaire pour le but qui nous occupe, la recherche du poids atomique du vanadium.

Constitution des sels dits monovanadates.—Les analyses faites par Berzelius des vanadates de baryte et d'ammoniaque suffisent pour montrer le véritable caractère de ces sels. Berzelius croyait que le poids atomique du vanadium était 68,5 ; il écrivait ses formules en conséquence. Nous savons qu'on peut considérer ces composés comme des métavanadates, si l'on prend 51,3 pour poids atomique du métal. Voici les formules dans les deux systèmes :

Formules de Berzelius :

$V=68,5.\ O=8.$

Vanadate d'ammoniaque, $AzH^3VO^3 + HO$.

Vanadate de baryte, $BaOVO^3$.

Nouvelles formules :

$V=51,3.\ O=16.$

AzH^4VO^3, métavanadate d'ammoniaque ou $\left.\begin{matrix}AzH^4\\VO\end{matrix}\right\}O^2$

BaV^2O^6, métavanadate de baryte ou $\left.\begin{matrix}Ba\\2VO\end{matrix}\right\}O^4$

Pour confirmer les analyses de sel d'ammoniaque de Berzelius, celles qui suivent ont été faites avec un sel blanc anhydre préparé en faisant barboter du gaz ammoniac dans de l'eau qui contenait de l'acide vanadique en suspension, et en faisant ensuite cristalliser plusieurs fois. Le sel d'ammoniaque, soigneusement grillé dans une nacelle de platine et dans un courant d'hydrogène, donnait du pentoxyde d'ammoniaque qui était fondu et pesé.

	Poids du sel d'ammoniaque employé.	Poids du pentoxyde obtenu.	Proportion trouvée du protoxyde.	Proportion calculée pour 100.
Expérience n° 1.	6,8531	5,3263	77,72	77,82
— n° 2.	2,0445	1,5902	77,78	
— n° 3.	2,6129	2,0314	77,75	

Berzelius trouve 77,59 pour 100 d'acide vanadique. Si l'analyse du sel d'ammoniaque est faite avec soin, elle met ainsi en échec la détermination du poids atomique. Si l'on représente par a le poids du sel employé, et par b celui du pentoxyde employé, on trouve le poids atomique du vanadium par l'équation :

$$V=\frac{66b-40a}{a-b}$$

D'après l'expérience n° 1, l'on aura : $V=50,65$.
— n° 2 — $V=51,06$.
— n° 3 — $V=50,82$.

La moyenne de ces résultats est 50,80.

Constitution des sels appelés bivanadates. — Von Hauer (*Journal de chimie pratique*, vol. LXIX, p. 388, année 1856) a analysé les bivanadates qu'il produisait suivant les indications de Berzelius, en ajoutant avec précaution de l'acide acétique dans les monovanadates. Il trouva que les bivanadates d'ammoniaque et de soude correspondent aux formules AzH^4O2VO^3 et $NaO2VO^3$, quand on prend $V=68,5$ et $O=8$. Si l'on prend $V=51,3$ et $O=16$, on peut représenter ces sels par les formules $(AzH^4)^2\ V^4O^{11}$ et $Na^2V^4O^{11}$; ou si l'on veut les représenter comme des sels anhydres, on peut écrire : $2(AzH^4VO^3)+V^2O^5$, et $2(NaVO^3)+V^2O^5$, ou encore autrement, $Na^4V^2O^7+3(V^2O^5)$ comme le sel anhydre, le pyrovanadate de soude.

Constitution des vanadates. — A son état normal, l'acide vanadique est tribasique, et l'on sait que c'est Czudnowicz (*Ann. de Pogg.*, CXX, page 33) qui, le premier, montra que si l'on fond le pentoxyde de vanadium avec un excès de carbonate de soude, 3 molécules du bioxyde de carbone ($3CO^2$) sont déplacées par autant de molécules du pentoxyde de vanadium (V^2O^5) entrant en combinaison. Dans une expérience faite avec soin, du carbonate de soude ayant été chauffé jusqu'au rouge avec 0gr,4323 de pentoxyde de vanadium jusqu'à ce qu'on ne trouvât plus de perte de poids, on constata que le pentoxyde avait chassé 0gr,3078 de bioxyde de carbone (CO^2) ; ce qui correspond à 2,957 molécules de bioxyde de carbone pour une de pentoxyde : c'est seulement le rapport de 3 à 1. Le véritable vanadate de sodium est donc Na^3VO^4 ou $\left.\begin{matrix}Na^3\\VO\end{matrix}\right\}O^3$

On ne peut donc plus mettre en doute qu'à l'état normal, l'acide vanadique agit comme un acide tribasique.

J'ai l'intention d'étudier plus tard avec soin la constitution et les propriétés des vanadates.

V. — Oxychlorures de vanadium.

1. *Oxytrichlorure de vanadium, ou trichlorure de vanadium* $VOCl^3$; poids moléculaire, 173,67 (*trichlorure de vanadium* de Berzelius). — On peut s'assurer par différents moyens que la liqueur de couleur citron de chlorure de vanadium, préparée en faisant agir du chlore sur le trioxyde, contient certainement de l'oxygène, quoique ce fait soit contraire à ce qui déjà a été trouvé par plusieurs expérimentateurs.

On met quelques grammes du chlorure couleur citron dans un ballon qui communique avec un long tube à analyses. Ce tube a été rempli dans sa première moitié de charbon de bois pur, et dans l'autre de tournure de cuivre. Un courant d'hydrogène, débarrassé d'oxygène par la méthode que nous avons déjà donnée, passe dans le ballon et le tube jusqu'à complet enlèvement de traces d'air. On chauffe alors au rouge le charbon et le cuivre, et quinze minutes après, les gaz qui prennent naissance cessent de troubler la baryte placée dans un tube de Liebig. On chauffe ensuite le ballon

ıant l'oxychlorure, et celui-ci distille dans le tube sur rbon rouge. Aussitôt que les vapeurs du chlorure s'en ıvec l'hydrogène, il se produit dans le tube de Liebig un ité de carbonate de baryte qui fait effervescence avec chlorhydrique; ce qui prouve que le liquide contient ygène, et subit une décomposition partielle quand il ange avec l'hydrogène, en présence du charbon main- la chaleur rouge. Cette expérience a été répétée deux ec les mêmes résultats. On ne peut, par cette méthode, la quantité d'oxygène que contient l'oxychlorure. On ulement qu'une petite partie de l'oxygène se combine carbone, et que la plus grande reste en combinaison métal pour former du dioxyde ou des oxychlorures so- ıoins élevés qui seront décrits aussi.

n faisait passer sur du magnésium chauffé dans un t d'hydrogène des vapeurs de chlorure couleur citron. n était violente, et le métal prenait feu aussitôt. On ıvec soin le tube de l'excès de magnésium, et l'on trou- e la nacelle contenait une poudre noire qui, traitée au, donnait du magnésium et du chlorure. En faisant chauffer cette eau, après avoir enlevé de cette pou- magnésie, avec de l'acide chlorhydrique, l'oxygène vait plus venir que du trichlorure de vanadyle.

ırsqu'on faisait l'expérience précédente avec du sodium de magnésium, on voyait se former un épais dépôt de caustique dans le tube renfermant la nacelle où ait mis le métal.

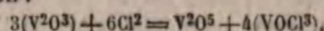
n faisait, dans un tube chauffé au rouge, un mélange eurs de l'oxychlorure liquide et d'hydrogène pur : le ıre était décomposé; il se déposait dans la première du tube de beaux cristaux noirs de trioxyde de vana- dans l'autre partie un mélange d'oxychlorures plus et il se formait quelques gouttes d'un liquide rouge L'analyse de ces cristaux montrait qu'ils étaient dé- ıés de chlorure. 0gr,0860 de ces cristaux ayant donné 1 de pentoxyde de vanadium, ils contenaient donc ıur 100 de trioxyde de vanadium.

i l'on distille rapidement sur du charbon rouge du rure de vanadyle qu'on a préparé en traitant par le un mélange de trioxyde et de charbon, on obtient un d'un brun foncé, qui est un mélange d'un oxychlo- ec un autre chlorure. On reconnait, en faisant l'ana- ce liquide brun, et si l'on calcule le chlore et le vana- O = 67,3), que la quantité employée est toujours aug- de 103 à 105 pour 100; ce qui prouve la présence liquide d'un chlorure de vanadium sans oxygène.

ıration du trichlorure de vanadyle. — On mélange bien u charbon de bois pur du pentoxyde de vanadium en poudre fine, et l'on chauffe ce mélange jusqu'au dans un courant d'hydrogène. Ensuite on place ce mé- de trioxyde et de carbone dans un tube épais et bé qu'on chauffe avec un gros bec à gaz, dit de ı. Pendant ce chauffage, on fait traverser ce tube par rant de chlore sec. L'oxychlorure impur se présentait un liquide d'un jaune orangé (1), et dans cette opé- on avait recueilli 180 grammes. On avait purifié au préalable ce liquide en le distillant pendant plusieurs heures dans un courant d'acide carbonique, et en le rectifiant ensuite pendant quelque temps sur du sodium pur, aussi dans un courant d'acide carbonique. Alors le sodium se couvrait d'une légère couche d'une substance noire, due à la décomposition de quelques autres chlorures. Le liquide prenait par degrés une belle couleur ambrée, et en continuant la distillation, il passait et s'arrêtait à la couleur jaune-citron; il commençait à bouillir à 120 degrés centigrades, et l'on pouvait le chauffer au delà de 130 degrés. Quand la liqueur était tout à fait pure, on déterminait le point d'ébullition avec 100 grammes de substance : toutes corrections faites, on trouvait que la température était 126°,7 centigrades, sous une pression de 0m,767 de la colonne mercurielle.

(1) La couleur noire du chlorure ainsi préparé n'est pas due à la pré- e l'acide vanadique, ainsi que Schafarik le pense : tout l'acide luble dans le chlorure. Cette couleur noire est plutôt due à la de chlorures de vanadium qui ne renferment pas d'oxygène.

On obtenait du trichlorure de vanadyle en prenant une once (ou 28gr,349) de ce beau produit couleur jaune-citron, que l'on débarrassait des corps étrangers qui accompagnent sa formation par la réaction précédente, et en faisant passer un courant de chlore sur ce trioxyde chauffé. Voici quelle était la réaction :



$$3(V^2O^3) + 6Cl^2 = V^2O^5 + 4(VOCl^3).$$

Il fallait ensuite distiller un temps très-court et dans un courant d'acide carbonique le liquide ainsi préparé, pour chasser un excès de chlore et d'acide chlorhydrique, et on obtenait un produit pur en le rectifiant sur une once de sodium.

Berzelius a déjà décrit les propriétés générales du trichlorure de vanadyle. Son poids spécifique a été déterminé avec soin à trois températures différentes. On a trouvé :

à 14°,5.......	1,841
à 17°,5.......	1,836
et à 24°,0.......	1,828

Ce trichlorure reste liquide à une température au-dessus de — 15° centigr.; comme on n'a pas déterminé le coefficient de dilatation au delà de 24°, on ne peut pas calculer le volume atomique de ce liquide pour le comparer avec celui de l'oxychlorure de phosphore ($PhOCl^3$).

En cherchant la densité de la vapeur du trichlorure de vanadyle, suivant la méthode de M. Dumas, on trouve :

Poids d'un ballon rempli d'air à 11 degrés centigrades sous une pression de 776,5 millimètres.	6gr,5172
Poids d'un ballon rempli de vapeur à 18°,6 cent., sous une pression de 780 millimètres.....	7 0003
Air restant, 0 c. c.	
Capacité du ballon, 135,13 centimètres cubes.	

On a ainsi 88,20 (H = 1,00) ou 6,108 (air = 1,00), pour densité de vapeur. La densité calculée est 86,8 (H = 1,00), ou 6,00 (air = 1,00).

Analyse du trichlorure de vanadium. — Détermination du poids atomique du vanadium. — Deuxième méthode. — M. Pierre (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XX, p. 257) a déjà montré, dans le cas du titane, la difficulté de trouver les déterminations des poids atomiques des métaux quand on emploie l'analyse de leurs chlorures métalliques. On peut cependant, pour éviter les erreurs qui viennent de l'absorption de l'humidité par les chlorures hygrométriques, employer pour l'analyse jusqu'à une once de chlorure.

Les dix-sept déterminations suivantes ont été faites avec le plus grand soin, et la remarquable coïncidence des nouveaux nombres trouvés avec ceux donnés plus haut est un excellent contrôle de l'exactitude de la première méthode.

Détermination volumétrique des chlorures. — Avant d'employer pour cette détermination la méthode de Gay-Lussac, on s'assurait que l'argent ne donnait aucune trace de vanadium

yen d'un bain à paraffine. Ce tube est traversé par un t d'acide carbonique sec. On chasse aisément l'excès hlorure liquide, et l'on obtient des cristaux verts dont ne change plus. L'oxyde noir qui a pris naissance en temps que les cristaux verts est un oxyde plus léger, Traité par un acide étendu, il blanchit fortement. ydichlorure de vanadium est un corps qui cristallise ques minces de couleur vert de gazon, et qui est onc- au toucher. L'eau le décompose lentement, et, exposé humide, il est déliquescent. L'acide nitrique étendu out facilement. A 13 degrés centigrades, son poids spé- est 2,88. On obtient vite la composition de l'oxydichlo- n précipitant le chlore de sa dissolution dans l'acide e. On pèse le vanadium qui reste sur le filtre.

Poids d'oxydichlorure employé.	Chlorure d'argent trouvé.	Pentoxyde de vanadium trouvé.	Proportion pour 100 de chlore.	de vanadium.
0,3765	0,7683	0,2498	50,40	37,30
0,3207	0,6631	0,2160	51,07	37,87

omposition de ce corps est donc :

		Calculé.	Trouvé.
V	= 51,3	37,12	37,58
Cl^2	= 70,91	51,39	50,73
O	= 16.00	11,59	
	138,21	100,00	

cymonochlorure de vanadium, ou monochlorure de vana- VOCl = 102,76. — Le monochlorure de vanadium est udre brune, brillante, qui se forme quand on fait agir rogène sur du trichlorure de vanadyle. On l'obtient en passer dans un tube chauffé au rouge de la vapeur de rure avec de l'hydrogène, et il se dépose dans le tube, à *nité* la plus près de la partie où se trouvait le trichlo- est insoluble dans l'eau ; mais l'acide azotique le dissout ent. On le distingue et on le sépare aisément des rures qui précèdent ou de ceux qui suivent. Il a une ce particulière de flocons brillants. On peut l'ana- ivant la méthode déjà décrite, après l'avoir desséché courant d'oxyde de carbone pour arriver à un poids t :

Poids employé de la substance.	Poids trouvé de chlorure d'argent.	Poids trouvé de pentoxyde de vanadium.	Proportion pour 100 de chlore.	de vanadium.
0,1393	0,1823	0,1240	32,35	50,03
0,2631	0,3912	0,2285	36,71	48,82

donc :

		Calculé.	Trouvé.
V	= 51,3	49,92	50,21
Cl	= 35,46	34,51	34,53
O	= 16,00	15,57	
	102,76	100,00	

ochlorure de divanadyle.—V^2O^2Cl = 170,06. — On pré- corps presque de la même manière que les oxychlo- écédents. Il est clair, brillant, doué de l'éclat métal- d'une couleur jaune brun ; il ressemble beaucoup au d'étain, connu sous le nom d'*or à mosaïques* (aussi *if*). Quand on chauffe du trichlorure dans un tube, stance se dépose toujours dans la partie la plus éloi- elle adhère fortement au verre. Comme elle est de, on la sépare facilement des corps qui précèdent. le microscope, elle présente de beaux cristaux d'un illant métallique. Aussi Schafarik avait pu les pren- rreur pour du vanadium pur. rps est insoluble dans l'eau, mais il se dissout dans l'acide nitrique avec la même facilité que l'autre oxychlorure solide. On chauffe à 140 degrés centigrades et dans le bioxyde de carbone ces beaux cristaux jaunes jusqu'à poids constant, et l'on fait l'analyse comme il a été dit plus haut.

Numéros.	Poids employé de la substance.	Poids trouvé de chlorure d'argent.	Poids trouvé de pentoxyde de vanadium.	Proportion pour 100 de chlore.	de vanadium.
1.	0,2130	0,1777	0,2443	19,72	64,48
2.	0,6098	0,4767	0,6390	18,15	58,91

La composition est donc :

		Calculé.	Trouvé.
V^2	= 102,60	60,33	61,69
Cl	= 35,46	20,84	18,93
O^2	= 32,00	18,83	
	170,06	100,00	

VI. — Nitrides de vanadium (azotures).

1. *Mononitride de vanadium*, VN = 65,3 (ou *monoazoture de vanadium*, VAz). — Le procédé que décrit Berzelius pour préparer du vanadium métallique en chauffant du chlorhydrate d'ammoniaque dans une atmosphère d'ammoniaque ne donne pas un métal, mais un nitride.

Le mononitride s'obtient en faisant passer du gaz ammoniac sur du trichloride de vanadyle dans un ballon tubulé, et en chauffant le chlorhydrate d'ammoniaque ainsi préparé jusqu'à volatilisation complète du chlorure d'ammoniaque. On a une poudre noire qui est peut-être du dinitride de vanadium, qu'on met dans une nacelle de platine. On expose à la chaleur blanche, produite durant plusieurs heures par un fourneau à vent, la nacelle posée dans un tube de porcelaine que traverse un courant de gaz ammoniac sec (ou mieux un mélange des gaz qui le constituent). On a ainsi préparé une poudre d'un brun gris, qui ne subit pas de changement par son exposition à l'air à la température ordinaire, et qui ne s'altère pas davantage quand on la chauffe fortement dans l'ammoniaque. Si on la grille à l'air, elle s'oxyde rapidement, brûle et se transforme en oxyde bleu. Si on la chauffe au delà de sa fusion, on obtient finalement du pentoxyde de vanadium pur. Chauffé dans un tube de verre avec de la soude, le mononitride dégage rapidement de l'ammoniaque. On avait chauffé à plusieurs reprises, à la chaleur blanche et jusqu'à poids constant, le nitride employé dans les analyses qui suivent :

Poids de la nacelle et du nitride après un deuxième chauffage dans l'ammoniaque....	6gr,285
Poids de la nacelle et du nitride après un troisième chauffage dans l'ammoniaque pendant trois heures	6 284

Détermination du vanadium.

Poids de nitride employé....................	0gr,3126
Poids constant de pentoxyde de vanadium obtenu par le grillage.........................	0 4359

Le nitride contenait donc 77,8 pour 100 de vanadium. La formule VN représente 78,6 pour 100 de métal.

Détermination du nitrogène ou azote. — On détermine le nitrogène par la méthode de Simpson, en chauffant le nitride avec un mélange d'oxydes de cuivre et de mercure, et en faisant passer le gaz sur du cuivre métallique porté au rouge.

Analyse n° 1. — Poids de nitride employé = 0gr,2683.

Volume trouvé de nitrogène : 142,1 volumes ; le volume étant égal à 0,331 centimètre cube.
Pression : 718 millimètres.

Température : 9°,2 centigrades.
Volume à 0 degré et sous la pression de 760 millimètres, 43,2 centimètres cubes.

Cela correspond à 20,3 pour 100 de nitrogène.

Analyse n° 2. — Poids de nitride employé = 0gr2000.

Volume trouvé de nitrogène : 112 volumes ; le volume étant égal à 0,331 centimètre cube.
Pression : 682,1 millimètres.
Température : 13 degrés centigrades.
Volume à 0 degré et sous la pression de 760 millimètres : 31,8 centimètres cubes.

Cela correspond à 20,0 pour 100 de nitrogène.

	Calculé.		Trouvé.		
Vanadium.....	51,3	78,6	77,8	»	»
Nitrogène.....	14,0	21,4	»	20,3	20,0
	65,3				

2. *Dinitride de vanadium* (ou *biazoture de vanadium*) VN^2 = 79,3 (ou VAz^2). — On obtient cette substance sous forme de poudre noire en faisant passer du gaz ammoniac sec sur du trichlorure de vanadyle chauffé dans un tube pour chasser le sel ammoniac, en versant dans de l'ammoniaque liquide et en desséchant par le vide sur l'acide sulfurique.

Uhrlaub a obtenu ce nitride en 1858 (voyez *Annales de Poggendorff*, vol. CIII, p. 134), mais ce chimiste n'en a pas tiré la détermination du nitrogène, qui, seule, pouvait faire découvrir la vraie nature de ces composés. C'est pourquoi il prit, comme résultat de son expérience, le poids atomique 68,5, ce qui montrait qu'on pouvait représenter par une formule simple le corps que nous venons de décrire. Si cependant on calcule les résultats des expériences de Uhrlaub avec la vraie formule 51,3, on voit qu'en prenant la moyenne de ces trois déterminations, cette substance contient 64,1 pour 100 de vanadium : la formule VN^2 demande 64,6 pour 100.

L'existence du mononitride VN ne prouve pas seulement quel est le véritable poids atomique du vanadium, mais elle sert encore, comme point de départ, pour commencer l'étude de ce métal, mais aussi à montrer une classe de corps tout à fait nouveaux, c'est-à-dire les composés du vanadium avec le chlore et d'autres corps halogènes que j'ai en vain cherché à obtenir des composés de vanadyle.

HENRY E. ROSCOE,
Professeur à Owen's College, Manchester.

— Traduit de l'anglais par CH. TERRIER. —

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XII

Les effets physiologiques de la morphine

Nous allons aujourd'hui vous montrer comment on peut employer les alcaloïdes de l'opium dans l'expérimentation physiologique sur les animaux. Nous nous occuperons surtout de la morphine et de la narcéine, qui sont les deux principes de l'opium possédant la plus grande énergie narcotique. Il est utile d'étudier dès aujourd'hui les effets de la narcéine, parce qu'on l'emploiera certainement plus tard avec de grands avantages. Mais la morphine, étant beaucoup moins coûteuse, est par suite beaucoup plus employée en physiologie ; ses effets narcotiques sont d'ailleurs très-suffisants pour les besoins des expériences.

Commençons par établir les faits, et nous raisonnerons ensuite sur eux pour en déduire les propriétés des alcaloïdes de l'opium dont nous faisons usage.

Et d'abord la morphine. Pour endormir un chien de moyenne taille sous l'influence de la morphine, il suffit généralement de lui injecter 5 centigrammes de chlorhydrate de morphine dans le tissu cellulaire sous-cutané. Rien de plus simple que de mesurer cette dose. On emploie une solution contenant 5 grammes de chlorhydrate de morphine pour 100 grammes ou 100 centimètres cubes d'eau. Un centimètre cube de cette solution contenant 5 centigrammes de chlorhydrate de morphine, on injecte cette quantité de liquide sous la peau des aisselles avec une seringue graduée.

Voici un chien qui a reçu de cette manière, avant la séance, la dose indiquée. Vous voyez qu'il reste inerte et sans mouvements. Nous allons répéter l'expérience sous vos yeux, et, pour que les effets de la morphine apparaissent plus vite, nous doublerons la dose, ce qui, du reste, ne compromettra pas la vie de l'animal ; on pourrait lui en donner 15 centigrammes et même plus, sans risquer de le tuer.

Nous opérons, en outre, sur un jeune chien, et nous lui donnons 10 centigrammes ou 1 décigramme, moitié sous la peau de chaque aisselle. Cette division de l'injection en deux parties augmente la surface d'absorption, et contribue encore ainsi à rendre l'action plus rapide. L'expérience marche en effet assez vite, le résultat est obtenu au bout de cinq minutes.

Vous voyez que l'animal est tombé dans un état de stupéfaction qui le laisse absolument immobile, car il est évident que, s'il n'avait pas reçu de la morphine, il ne resterait pas ainsi étendu sur cette table sans chercher à s'échapper. Il a donc perdu la conscience du lieu où il est ; il ne reconnaît plus son maître.

Cependant la sensibilité persiste, car si nous pinçons l'animal, il remue et crie. Mais ce sont là seulement des mouvements réflexes ; en réalité, il ne songe pas à fuir ni à se défendre : ses facultés intellectuelles sont complétement engourdies.

La morphine exerce une action que nous ne connaissons pas encore exactement dans son essence physiologique, mais nous pouvons dire cependant qu'elle se porte d'une manière élective sur les éléments des centres nerveux et peut-être aussi sur les éléments sensitifs. Toutefois, loin de supprimer complétement la sensibilité comme le chloroforme, la morphine provoque, chez nos animaux, une sorte d'exagération de l'excitabilité, ou plutôt une espèce de sensibilité particulière au bruit.

En effet, cette sensibilité spéciale se manifeste lorsqu'on frappe sur la planche où repose l'animal, ou lorsqu'un bruit un peu intense a lieu non loin de lui : on le voit aussitôt tressaillir dans tous ses membres et faire un soubresaut plus ou moins étendu, ou même se sauver les yeux hagards. Suivant l'intensité de l'ébranlement chez les grenouilles, cette exagération de l'excitabilité peut devenir tellement grande, qu'elle en arrive à simuler les effets de la strychnine.

Après cette période d'excitabilité exagérée, la prostration va

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 346, 381 et 392, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars, 10, 17 et 24 avril, 1er, 15 et 22 mai 1869.

néral en croissant pendant un certain temps sous l'in-
:e de la morphine et persiste assez longtemps. Puis
ial revient à lui, et se réveille en passant par une nouvelle
le d'excitabilité. Les phénomènes intellectuels sont les
ers atteints et aussi les derniers à reparaître; il faut
nt attendre vingt-quatre heures avant de constater le
: de l'état normal à cet égard.
s voyez, du reste, que la morphine plonge les chiens
n état d'immobilité qui permet de les placer sur une
ère à expériences sans les lier ni les museler.
: il faut savoir que l'action de la morphine présente de
es différences d'intensité d'une espèce à l'autre, et sui-
'âge; tandis que beaucoup d'autres poisons, le curare
emple, produisent au contraire des effets à peu près
nts. Nous avons aussi constaté pour le chloroforme des
ons de susceptibilité assez marquées.
ous les animaux sur lesquels nous avons eu occasion
er, le chien est celui qui s'est en général montré le plus
le à l'action de la morphine. Le lapin, au contraire, est
éfractaire à cette action. En voici un qui reçoit un déci-
ne de chlorhydrate de morphine divisé en deux injec-
une sous chaque aisselle. C'est la dose que nous avons
e tout à l'heure au chien; mais, pour un lapin, elle est
ement beaucoup plus considérable, puisqu'il est infini-
lus petit, et cependant c'est à peine si ce lapin paraît
sentir les effets même au bout d'un temps assez long.
oiseaux sont aussi fort peu sensibles à la morphine.
n pigeon qui reçoit également 1 décigramme de chlor-
te de morphine, comme le chien et le lapin, toujours
ux injections sous la peau, et à la fin de la leçon aucun
ne paraît encore s'être produit.
nt au rat, il se rapproche beaucoup du chien au point
: de l'action de la morphine, sans qu'on puisse expli-
: cause de cette ressemblance.
n, les grenouilles sont extrêmement réfractaires à la
ine. Il faut très-longtemps pour que l'action se pro-
en général, c'est seulement au bout de plusieurs heu-
'elle commence. De plus, il faut donner environ 2 cen-
mes, ce qui est une dose énorme, relativement à la
taille de l'animal. Dans ces conditions, il se produit
d chez les grenouilles le phénomène tout particulier
ous avons parlé et qui avait été déjà signalé par Jean
: c'est une exagération considérable de l'excitabilité.
lant la prostration narcotique finit par se produire, et
ure alors fort longtemps, d'ordinaire plusieurs jours;
lle n'est jamais aussi complète que chez le chien.
résumé, au point de vue des emplois physiologiques,
urtout pour les chiens que la morphine est commode.
e lapin, on n'arrive que très-lentement à la stupéfac-
et on ne l'atteint jamais d'une manière aussi complète
iez le chien. Le lapin présente cette particularité de
ver toujours les yeux ouverts, même pendant la narco-
i, tandis que le chien ferme les yeux comme s'il dor-
u sommeil naturel.
les grenouilles, la morphine ne présente aucune utilité
ne, si ce n'est quand on veut étudier cette excitabilité
e qui se produit sous son influence. Dans les expérien-
'on fait avec ces animaux, il vaut mieux employer le
forme, l'éther, l'eau chaude, et surtout le curare, que
tudierons bientôt à ce point de vue.
doses très-fortes d'opium ou de morphine que nous
employons produisent la stupéfaction de l'animal, et par suite son immobilité, mais laissent subsister sa sensibilité : au commencement de l'expérience, l'animal crie quand on le pince; plus tard il crie moins, mais il retire encore les pattes; les nerfs sont seulement un peu émoussés.

Au lieu d'opérer ainsi, on peut, avec des doses plus faibles de morphine, obtenir une stupéfaction modérée, et supprimer ensuite l'excitabilité ou la sensibilité par le moyen d'un autre agent qui ait spécialement cet effet, comme le chloroforme. C'est une combinaison qui peut être très-utile, et qu'il faut étudier, parce qu'il se produit là des phénomènes curieux dont il sera fort intéressant de chercher l'explication.

Voici comment je fus amené à découvrir cet ordre de faits.

Il y a cinq ans, je faisais ici même des expériences sur les alcaloïdes de l'opium. Un chien qui avait subi l'action du chloroforme, revenant à lui, et la paupière ayant déjà recouvré sa sensibilité, on lui injecta sous la peau des aisselles 5 centigrammes de chlorhydrate de morphine. L'animal tomba bientôt en stupéfaction, ce qui était naturel, puisqu'on lui avait donné la dose de morphine nécessaire pour obtenir cet effet; mais, chose curieuse, l'insensibilité chloroformique revint en même temps. Il n'était pas étonnant que les deux effets coexistassent, puisqu'on avait donné les deux substances; mais il était fort singulier que l'insensibilité chloroformique se manifestât de nouveau après avoir disparu, puisqu'on n'avait pas donné de nouvelle dose de chloroforme qui pût expliquer ce retour de l'anesthésie.

La même semaine où j'étais conduit fortuitement à faire cette expérience, le phénomène était également constaté sur l'homme par un chirurgien allemand, M. Neubaum, je crois. Ce chirurgien extirpait une tumeur du cou chez une femme. L'anesthésie chloroformique avait été maintenue déjà pendant une heure environ sans que l'opération fût terminée. N'osant pas prolonger plus longtemps l'action du chloroforme, dans la crainte de provoquer un accident mortel, M. Neubaum eut l'idée de lui substituer la morphine, qui avait d'ailleurs été employée dans les opérations chirurgicales avant la découverte des propriétés anesthésiques du chloroforme. Mais au lieu d'obtenir simplement les effets de la morphine, il vit l'anesthésie chloroformique ne pas se dissiper et persister pendant fort longtemps encore.

Ces expériences furent ensuite répétées sur l'homme et sur les animaux; mais je ne crois pas qu'on ait poussé les choses plus loin en ce qui concerne la chirurgie : et la raison, c'est que l'emploi de deux substances au lieu d'une, pour l'opération préliminaire de l'anesthésie, crée un nouvel embarras. En ce qui concerne la physiologie, je poursuivis alors un peu ces expériences, et je vais les reprendre maintenant pour tacher d'expliquer] ce fait singulier, afin de chercher à en comprendre le mécanisme physiologique.

Il faut d'abord savoir que l'expérience que nous avons primitivement faite, venant à être renversée, les résultats ne sont plus les mêmes. En effet, en donnant du chloroforme à un animal déjà placé sous l'influence de la morphine, vous allez voir que l'opération ne produira rien d'analogue. Mais il se manifeste toutefois d'autres faits très-intéressants.

Voici un chien qui a reçu de la morphine il y a quelque temps; il présente l'état ordinaire que provoque l'influence de cet alcaloïde à son début : sa sensibilité ou plutôt son excitabilité est fort exagérée. Nous lui faisons inhaler du chloroforme à dose beaucoup plus faible que celle qui serait néces-

saire pour l'anesthésie à l'état normal, et cette sensibilité, quoique aiguisée encore, disparaît fort rapidement : l'animal se trouve à la fois soumis à l'action de la morphine et du chloroforme. Il suffit d'entretenir l'inhalation chloroformique à très-faible dose pour que l'animal reste sous cette double influence de la manière la plus complète.

Vous voyez quel est l'effet de cette action du chloroforme ajoutée à celle de la morphine. Je ne connais aucun autre moyen d'immobiliser les animaux d'une manière aussi complète. Cela permet de supprimer tout à fait une des grandes difficultés de la physiologie, résultant de ce qu'elle opère sur des êtres vivants : on a ainsi le moyen de les rendre inertes, sans que les phénomènes de la vie cessent pour cela. Les animaux, comme vous le voyez, tombent dans une résolution absolue, leurs membres deviennent flasques, et l'on peut les placer dans toutes les positions : ils sont comme des cadavres chauds, et l'on peut les conserver dans cet état pendant longtemps, une demi-journée si l'on veut, ce qui suffit largement aux plus longues opérations.

Dans les expériences physiologiques, nous combinerons donc le chloroforme à la morphine, mais nous administrerons d'abord la morphine, et en second lieu le chloroforme, comme nous venons de le faire devant vous. Lorsque l'on commence par le chloroforme, l'insensibilité produite se prolonge fort longtemps par suite de l'influence de la morphine, tandis qu'en donnant d'abord la morphine, comme nous venons de le faire, à peine l'inhalation du chloroforme est-elle interrompue, que la sensibilité reparaît très-vite. On a ainsi le moyen de supprimer et de rétablir alternativement la sensibilité d'une manière rapide : ce qui est très-important dans certains cas. Ainsi, après avoir opéré, sans grande incommodité pour l'animal, grâce à ce moyen, des mutilations qui seraient très-douloureuses à l'état normal, on peut faire immédiatement des expériences sur la sensibilité en la laissant reparaître. Par exemple, on peut profiter de la combinaison du chloroforme et de la morphine pour ouvrir le canal rachidien, puis écarter l'action du chloroforme de manière à étudier la sensibilité des racines, et notamment la sensibilité récurrente.

Je crois que cette combinaison des effets du chloroforme surajoutés à ceux de la morphine pourrait rendre des services en chirurgie, surtout en l'employant comme nous venons de le faire, et non dans l'ordre inverse que M. Neubaum avait été conduit à suivre : on donnerait d'abord de la morphine en injection sous-cutanée, ou dans le rectum sous forme de lavement ; puis on administrerait du chloroforme, mais en quantité beaucoup plus faible. On obtiendrait ainsi l'anesthésie sans avoir à traverser une période d'agitation aussi intense, et surtout sans courir autant les risques d'accidents que peuvent produire les doses élevées de chloroforme.

Dans tous les cas, il n'y aurait certainement aucun inconvénient à essayer, car, avant la découverte de l'anesthésie chirurgicale en 1847, on administrait quelquefois de l'opium en potion avant les opérations un peu graves, et c'est ce que j'ai vu faire par Gerdy, chirurgien de la Charité, mort depuis quelques années. Mais il est bien entendu qu'il faudrait employer des doses de morphine différentes de celles que nous avons données à nos chiens ; car les hommes, surtout les enfants, sont beaucoup plus sensibles que les animaux à l'action de la morphine, et l'on risquerait, en exagérant la dose, sinon de tuer le malade, du moins de produire des troubles cérébraux persistants.

Chez le lapin, la combinaison de la morphine avec le ch[...] forme ne présenterait aucun avantage appréciable, à [...] de la sensibilité très-faible de cet animal à l'action de la [...]phine. Il faudrait toujours donner à l'animal, pour l'ane[...]sier, une dose de chloroforme qui ne différerait pas sens[...]ment de la dose nécessaire dans les conditions normale[...] telle sorte qu'on ne diminuerait pas pour lui les risques [...]cidents mortels.

Les oiseaux ne sont pas moins réfractaires que les l[...] à l'action de la morphine. Ce pigeon a reçu, au comm[...]ment de la leçon, 10 centigrammes de morphine en même t[...] que le lapin, et vous voyez que ni l'un ni l'autre ne ma[...]tent encore aucun effet toxique ni soporifique bien ma[...]

Mais j'ai fait sur le pigeon une observation intéressante[...] placé sous l'influence d'une dose considérable de morp[...] il ne paraît en éprouver aucun trouble. Si on lui fait [...]respirer du chloroforme, il est pris rapidement ; mais, [...] curieuse, les effets qui se produisent paraissent plutôt s[...]tacher à l'action de la morphine qu'à celle du chlorofo[...] car l'animal reste assez longtemps absorbé, et sa sensi[...] est plutôt émoussée que supprimée. Il y a là un fait à s[...] et qui pourrait conduire à des résultats curieux.

Chez les grenouilles, on peut obtenir, par la combin[...] des actions du chloroforme et de la morphine, des effets [...]logues à ceux que nous avons observés sur les chien[...] les soumettant au chloroforme pendant la période de [...]fluence opiacée, on fait disparaître l'excitabilité partic[...] provoquée par la morphine et dont nous avons déjà [...]

Du reste, cette excitabilité si frappante constitue un p[...]mène très-remarquable au point de vue de la théori[...]nérale des fonctions nerveuses. En effet, elle ne corre[...] pas du tout à une augmentation de la sensibilité périphér[...] comme il semblait naturel de le croire. J'ai fait autrefo[...] expériences pour m'en assurer, et j'ai constaté que c'es[...]cisément l'inverse. Loin d'être plus sensible, la greno[...] placée dans cet état d'excitabilité exagérée que provoq[...] morphine, a au contraire des mouvements réflexes not[...]ment moins vifs qu'à l'état normal.

Le procédé que j'employais pour ces mesures de sensi[...] est bien connu. Je me servais d'eau aiguisée avec des pr[...]tions croissantes d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydr[...] La patte de la grenouille est une surface très-sensible : [...] plongeant dans ces solutions acides, on peut facilement [...]stater la proportion d'acidité qui est nécessaire pour i[...] les nerfs sensitifs de cette patte, car, aussitôt qu'ils sont [...]tés, la grenouille retire vivement la patte. Or, une sol[...] très-suffisamment acide pour agir sur les nerfs sensitifs d[...] grenouille normale reste tout à fait sans action sur une [...]nouille morphinée pendant la période de l'excitabilité.

Cette excitabilité nerveuse exagérée, provoquée par la [...]phine, ne semble donc pas être un signe de plus grande s[...]bilité, et cependant vous voyez que le chloroforme ou l'é[...] (c'est l'éther qu'on emploie, parce que c'est plus comm[...] pour les grenouilles), la font disparaître comme la sensib[...] ordinaire. Il y a là un phénomène que nous ne compre[...] pas encore, mais que nous chercherons à élucider dan[...] séances suivantes.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLI[...]

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

XIÈME ANNÉE NUMÉRO 29 19 JUIN 1869

Paris, 18 juin 1869.

adémie des sciences de Paris a tenu lundi dernier sa publique annuelle pour 1868. M. Élie de Beaumont, aire perpétuel, a prononcé l'éloge de L. Puissant, qu'on ra plus loin. Le défaut d'espace ne nous permet aujour- que de mentionner les prix décernés.

D'ASTRONOMIE (Lalande) à M. Janssen, pour ses travaux s à l'éclipse totale de soleil du 18 août 1868 et notam- pour sa méthode d'observation des protubérances par yse spectrale en dehors du temps des éclipses.

DE MÉCANIQUE, à M. Lavalley, pour ses grandes dragues esquelles se termine en ce moment le creusement du de Suez et qui ont été décrites dans la *Revue* par M. Borel, cié de M. Lavalley (voyez notre numéro du 9 mars 1867, IV, page 232).

DE STATISTIQUE, à M. Bérigny pour ses observations mé- ogiques à Versailles continuées depuis vingt et un ans.— ons *très-honorable* à M. Ébrard (historique et statistique ablissements de Bourg) et *honorable* à M. Fayet (instruction ire dans l'Indre et dans la France en général), à M. Char- (le canton de Gisors) et à M. Rambosson (les colonies ises).

TRÉMONT, continué à M. Gaudin pour ses travaux de llographie.

PONCELET, à M. Clebsch, pour ses travaux mathémati- notamment sur l'application du calcul intégral à l'étude ourbes et des surfaces algébriques.

DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE, à M. Gerbe, préparateur llége de France, pour ses travaux sur les fonctions des ules de Purkinje et de Balbiani. — Encouragement de rancs à M. Goujon, pour ses recherches relatives à la le des os qu'il a démontré pouvoir se greffer sur d'autres et posséder comme le périoste la propriété de repro- les os.

DE MÉDECINE ET DE CHIRURGIE (fondation Monthyon), à llemin, professeur au Val-de-Grâce, sur l'inoculation des cules de la phthisie pulmonaire (2500 francs). — *Men- honorables*, avec 1500 francs, à M. Feltz (Études sur les lies capillaires), à M. A. Flint (Expériences sur une nou- fonction du foie; rôle de la cholestérine dans l'orga- e), et à M. Raciborsky (Recherches sur la menstruation et lation). — Citations honorables à MM. Larcher père, Gou- (Le trou de Botal chez les animaux domestiques), Jac- , Grandry (Structure de la capsule surrénale), Susini (Im- perméabilité de l'épithélium vésical), Cabadé (Physiologie des épithéliums), Hayem (Encéphalite); — enfin à M. Colin, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort (les Trichines et les Trichinoses), à M. Gréhant, aide naturaliste de physiologie générale au Muséum d'histoire naturelle de Paris (Expériences sur la respiration de l'homme) et à M. Labordette (Emploi du spéculum laryngien pour le traitement de l'asphyxie par submersion); les deux premiers avec 1000 francs chacun, et le troisième avec 500 francs, pour continuer leurs travaux.

PRIX BRÉANT (pour le traitemement du choléra). — Récompenses : de 2500 francs à M. Lorain, agrégé de la Faculté de médecine de Paris (Études cliniques et de physiologie pathologique sur le choléra à l'hôpital Saint-Antoine); — de 1500 francs à M. Brébant; — et de 1000 francs à M. Nicaise.

PRIX DES ARTS INSALUBRES, à M. Vignier, pour un appareil propre à éviter les collisions de trains sur les chemins de fer aux points de bifurcation, qui est aujourd'hui universellement employé.

PRIX JECKER, à M. Favre, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour ses recherches sur la chaleur dégagée dans les combinaisons chimiques. — Récompense de 2000 francs à M. A. Gautier pour ses travaux sur l'acide cyanhydrique, les nitriles et une nouvelle classe de corps isomères avec eux.

PRIX BARBIER partagé entre M. Th. Fraser (Recherches sur les effets physiologiques de la fève de Calabar et les caractères de la plante qui la fournit) et M. Rabuteau (Expériences sur les effets physiologiques de divers composés métalliques).

PRIX GODARD, à M. Ercolani, professeur à l'Université de Bologne, pour ses recherches sur les glandes utriculaires de l'utérus et le placenta maternel qui se développe transitoirement dans l'utérus pendant la grossesse. — *Mention honorable* à M. Dieu (Constitution du liquide séminal des vieillards).

PRIX DESMAZIÈRES, à M. Nylander, pour ses études sur la famille des lichens.

PRIX THORÉ, à M. Lespès, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour ses recherches sur les coléoptères aveugles et les termites, en particulier le termite lucifuge.

— Dans notre numéro du 22 mai dernier (page 385), nous avons reproduit les conclusions du rapport de M. Morin, à l'Académie des sciences, sur l'influence délétère attribuée aux poêles de fonte. M. Vernois, qui a présenté un rapport à l'Académie de médecine sur la même question, à l'occasion d'un travail de M. Coulier, nous a écrit pour rappeler que le rapport de M. Morin, qui ne demandait pas l'approbation de l'Académie, exprimait surtout les opinions personnelles du

rapporteur. Voici comment M. Vernois résumait devant l'Académie le travail de M. Coulier :

Ce chimiste se borne à rappeler les résultats obtenus par MM. H. Deville et Troost : il les admet comme indiscutables, mais il pense que la dose d'oxyde de carbone dénoncée aboutit à un chiffre trop élevé, parce qu'on n'a pas tenu compte du passage des gaz proto et bicarbonés qui, en contact avec l'oxyde de cuivre, produisent de l'acide carbonique que le calcul a transformé à tort en oxyde de carbone. Déjà M. le docteur Basin (de Chambéry), après s'être soumis à l'action de la chaleur d'un poêle de fonte, avait remarqué que les quantités d'oxyde de carbone exhalées, si elles existaient, devaient être infinitésimales.

M. Coulier s'est efforcé de doser, par une analyse très-sévère, l'oxyde de carbone produit dans un poêle de fonte. Il a déduit ses calculs des expériences de MM. H. Deville et Troost, et est arrivé à démontrer que chaque litre d'air dans ces expériences contenait seulement 16 centièmes de millimètre cube d'oxyde de carbone ; que cette quantité était même au-dessus de la vérité, et qu'à cette dose imperceptible on ne saurait lui attribuer la moindre influence nuisible, toxique surtout. J'ajouterai ici que, dans les observations relatées par le docteur Carret, on ne peut reconnaître aucun signe de maladie appartenant au groupe des empoisonnements ; qu'il n'y a donc pas lieu de s'en préoccuper au point de vue de l'hygiène publique ou privée.

Ce calcul de M. Coulier a de l'importance parce qu'il fixe plus précisément les idées sur la partie chimique, et permet au médecin d'apprécier plus sainement l'action réelle ou supposée de l'oxyde de carbone.

M. Coulier a complété sa note par la relation d'une observation qui lui est propre, et dans laquelle toute une famille se serait chauffée depuis plusieurs années avec un poêle de fonte, sans avoir été atteinte d'aucun des accidents signalés par le docteur Carret. Les céphalalgies seules qui auraient été observées au début de l'emploi de ce poêle auraient dépendu d'un air privé de sa quantité normale d'eau, et auraient disparu dès qu'on aurait rendu à l'air ses qualités naturelles. Ce fait rentre dans les lois ordinaires bien connues des médecins, et peut être produit par tout autre appareil de chauffage analogue aux poêles de fonte : surveiller dans ces circonstances l'état hygrométrique de l'air a toujours été un des préceptes vulgaires de l'hygiène pratique.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE

M. ÉLIE DE BEAUMONT
Secrétaire perpétuel de l'Académie

Éloge historique de L. Puissant

L'année actuelle, qui va inaugurer la communication nouvelle ouverte entre l'Occident et l'extrême Orient par le canal maritime de Suez, œuvre grandiose de M. Ferdinand de Lesseps et du génie de la France, se trouve être le retour séculaire de l'année 1769, une de celles qui ont le plus marqué dans les progrès de la géographie.

Le 3 juin 1769, l'illustre et infortuné Cook observait, à l'île d'Otahiti, le passage de Vénus sur le disque du soleil. Cette observation, répétée le même jour en plusieurs autres points du globe, a eu pour résultat une détermination plus exacte des dimensions du système solaire ; en même temps que le premier voyage du capitaine Cook, dans lequel *Botany bay*, *Sydney cove* et *port Jackson* reçurent les noms qu'ils portent encore, est devenu le type le plus célèbre d'une série de grandes expéditions maritimes qui ont ouvert à l'hydrographie et au commerce européen les parages auparavant les moins connus. Des voyages de ces nouveaux Argonautes date le développement si surprenant de ce monde nouveau vers lequel le canal de Suez va nous ouvrir la voie maritime la plus courte.

Cette même année 1769 vit naître, en même temps que Napoléon Ier, une brillante pléiade d'hommes illustres en différents genres : Cuvier, Humboldt, Chateaubriand, et parmi eux un savant modeste qui a contribué plus qu'aucun autre aux progrès de la science géographique, non en élargissant son domaine, mais en régularisant et en approfondissant ses principes : je veux parler de notre savant et regretté confrère M. Puissant, dont votre commission administrative a voulu célébrer aujourd'hui le jubilé centenaire.

Louis Puissant naquit le 22 septembre 1769, à la ferme de la Gastellerie, commune du Châtelet en Brie, dans une famille de cultivateurs. Il eut le malheur de perdre les auteurs de ses jours étant encore au berceau, et fut recueilli par M. Fournier-du-Pont, receveur de la ville de Château-Thierry.

Il n'est pas sans intérêt de voir par quels degrés successifs le jeune orphelin parvint à un grade élevé dans l'armée et à une haute position scientifique, sans autre appui que la sympathie inspirée d'abord par son désir d'apprendre, et plus tard par le succès de ses études et par l'importance de ses travaux.

Madame Fournier, dont notre confrère n'oublia jamais les tendres soins, voulut être sa première institutrice, et son éducation, continuée dans une petite pension de la ville, fut achevée par M. l'abbé Cottin, curé de Mont-Saint-Père, village des environs.

On chercha à éveiller en lui la vocation vers l'état ecclésiastique, mais quoiqu'il se soumît volontiers, en toutes circonstances, aux intentions de ses bienfaiteurs, il manifesta le désir de rester dans la vie séculière, et il fut placé, à l'âge de treize ans, chez un notaire, arpenteur de Château-Thierry, où il reçut les premières leçons de calcul et les premières notions de la géométrie. Le besoin journalier de comprendre les principes de cette science, vers laquelle il se sentait d'ailleurs attiré, lui fit lire quelques ouvrages élémentaires, à l'aide desquels il parvint à se rendre compte des règles fondamentales des opérations de l'arpentage. Il apprit aussi la musique et le dessin par les soins de sa bienfaitrice, madame Fournier, qui cultivait les arts avec succès.

Cependant, après un noviciat de plusieurs années, il était encore loin de pouvoir se suffire à lui-même. Devenu extrêmement studieux et réfléchi, il vit sous de sombres couleurs les chances de l'avenir, et il en conçut des inquiétudes qui lui imprimèrent pour toujours une certaine teinte de mélancolie ; mais un bonheur inespéré vint démentir ces fâcheuses prévisions.

M. Fournier avait un petit-neveu, M. Antoine-François Lomet, qui était né lui-même à Château-Thierry dix ans avant la naissance de M. Puissant. Son père, devenu ingénieur en chef des ponts et chaussées de la province de Dauphiné, avait pris beaucoup de soin de son éducation, faite sous ses yeux au collége de Grenoble. Le jeune Lomet avait fait d'assez rapides progrès dans les mathématiques et le dessin pour être admis en 1777 à l'École des ponts et chaussées, dirigée par le célèbre Perronet. Il en était sorti avec le grade d'ingénieur et avait été envoyé à Agen.

M. Antoine-François Lomet, dont la révolution devait bientôt modifier considérablement la carrière, a passé pendant toute sa vie pour un des hommes les plus originaux et les plus spirituels de son époque. Lorsqu'il vint à Château-Thierry en 1786, il était imbu des idées, très à la mode en ce temps-là, qui bientôt après furent formulées dans l'ouvrage de Lavater, l'un des prédécesseurs du docteur Gall et des autres phrénologistes. Certaines remarques crânioscopiques le firent augurer assez favorablement des facultés naturelles du jeune Puissant pour lui inspirer l'idée de se charger de les développer, et celui-ci, qui avait perdu ses bienfaiteurs, M. et ma-

Fournier, enlevés par une mort prématurée, accepta eine la proposition de suivre à Agen M. Lomet, qui de- ɔn protecteur, son ami, et qui, dans des temps difficiles, mérite ne suffisait pas toujours, fut véritablement pour e seconde providence.

.omet donna immédiatement au jeune Puissant, alors dix-sept ans, les moyens d'instruction auxquels il aspi- l'attacha aux levés de plans et autres travaux de pré- qui entraient dans l'objet de ses fonctions. M. Puissant, ette nouvelle position, put non-seulement se perfection- ır une pratique plus élevée, plus sévère et plus variée, amiliarisait avec les meilleurs instruments et les meil- rocédés, mais encore lire et méditer les ouvrages scien- s de la bibliothèque de son chef. M. Lomet n'eut d'au- ins à prendre que de lui enseigner à étudier avec de, de le mettre en présence des bons modèles et de pirer le goût du beau et du vrai. Le génie de son élève loppa, prit son essor, et sa marche fut si rapide, qu'en de quatre ans le maître, comme M. Lomet se plaisait re, n'était plus que le disciple de son écolier.

tait alors en 1790; la révolution française commençait. net fut envoyé à Paris avec Lacépède et Lacuée, pour loir, auprès de l'Assemblée nationale, quelques récla- s de la province. Avec l'aide de son condisciple Bar- l réussit assez bien dans cette mission, mais son succès s hommes avec lesquels elle l'avait mis en rapport ıa pour toujours d'Agen.

uissant n'y resta pas non plus, et, cette même année l'âge de vingt et un ans, il entra au Dépôt de la guerre travailler pendant trois ans, à titre d'études prélimi-

gé par l'obscurité dont il avait encore l'heureux privi- y trouva le calme au milieu des tempêtes. Dessinant avec une facilité remarquable les machines, la topo- et le paysage à l'aquarelle, un travail assidu acheva tier à la pratique des opérations où il devait trouver llante carrière, et il fut en même temps assez heureux surer, malgré la rigueur des temps, son bonheur do- ue en épousant, le 3 novembre 1792, mademoiselle ise Coutet, qu'il avait connue à Agen, où sa famille oc- une position modeste, mais honorable.

ils unique, fruit de leur union, naquit le 14 août 1793, nt plus tard la souche d'une famille au sein de laquelle sant, alors même qu'il eut perdu la compagne de sa cessa jamais de trouver les soins les plus tendres, l'af- la plus vive, et qui entoure encore sa mémoire de la euse sollicitude.

peu de semaines après la naissance de son fils, M. Puis- t arriver le terme de ses trois années réglementaires, vendémiaire de l'an II (28 septembre 1793), il fut ad- finitivement au Dépôt de la guerre comme ingénieur- phe et désigné pour aller servir dans l'armée des Pyré- cidentales.

ɔmet l'y avait précédé depuis un an. La scène chan- de la révolution avait placé un moment à la tête de rmée le général Servan, officier du génie, ancien sous- neur des pages de Louis XVI, et ancien ministre de la M. Lomet, élevé à Grenoble, connaissait depuis son le général, qui était originaire du Dauphiné et qui fait son aide de camp. D'après ses ordres, l'ancien in- des ponts et chaussées avait rendu à l'armée un service signalé par l'établissement d'un camp de 475 baraques qui, construites en moins de quinze jours, l'avaient soustraite à des maladies imminentes dont beaucoup de soldats avaient déjà été atteints.

M. Puissant, à son arrivée, fut adjoint à M. Lomet, heureux de se retrouver pour ainsi dire en famille, près de son ancien et excellent chef, et d'être initié par lui au service militaire, comme il l'avait été naguère à celui des ponts et chaussées.

La lutte fut longue et acharnée, dans les vallées de la Nive et de la Bidassoa, entre les Français et les Espagnols, qui, supérieurs en nombre, attaquèrent Saint-Jean Pied-de-Port et menacèrent un instant Bayonne. Mais en 1794 l'armée française, reprenant l'offensive, pénétra en Espagne, dans la vallée de Bastan, tributaire de la Bidassoa, et, traversant cette rivière, elle s'empara de Fontarabie et de Saint-Sébastien. Passant alors sous les ordres du général Moncey, qui venait de gagner ses derniers grades sur le champ de bataille, elle refoula l'ennemi sur la route de Vittoria et de Madrid, et le contraignit à un armistice, heureux prélude de la paix.

Les grandes guerres n'étaient pas encore inaugurées. Les soldats de la première réquisition n'avaient eu d'abord pour mission que de défendre le territoire français en repoussant les étrangers de nos frontières. Affaiblie par les renforts qu'elle avait dû envoyer dans la Vendée, la petite armée des Pyrénées occidentales avait guerroyé pendant trois ans dans l'espace de vingt-cinq lieues, compris entre Saint-Jean Pied-de-Port et Mondragon. Les ingénieurs-géographes avaient pu se livrer fréquemment aux parties accessoires de leur mission, consistant à faire des reconnaissances, des levés rapides et des vues perspectives, dont le dépôt de la guerre conserve des collections considérables destinées à compléter, au point de vue militaire, la connaissance des pays occupés par nos armées. Les terrains accidentés et les gracieux paysages des Pyrénées basques avaient plus d'une fois exercé l'habile crayon de M. Puissant, et dans les longues soirées de deux hivers consécutifs il avait su trouver de nombreux loisirs pour approfondir la partie mathématique de la science de l'ingénieur-géographe.

Le traité de Bâle ayant bientôt après rétabli la paix entre la république française et l'Espagne, M. Puissant fut désigné en 1795 pour être employé à l'armée d'Italie, mais il ne put rejoindre et revint à Paris.

M. Lomet l'y avait encore précédé d'un an. Après la prise de Saint-Sébastien, qui avait presque coïncidé avec la journée du 9 thermidor, il avait quitté l'armée, et était venu à Paris rejoindre le général Servan, qui, mis en prison sous Robespierre, en était sorti à sa chute. Mais il n'avait pas suivi le général dans les départements méridionaux où celui-ci fut employé. Il avait repris à Paris sa position d'homme d'esprit, et s'était contenté du modeste emploi de conservateur de la galerie des modèles, dessins et gravures de l'École polytechnique, emploi auquel convenait assez bien un ingénieur ayant fait deux campagnes de guerre et toujours passionné pour les arts du dessin.

C'était le moment de la renaissance intellectuelle qui suivit le règne de la Terreur. Lorsque M. Puissant revint à son tour à Paris, l'Institut national venait d'être créé. Les savants les plus illustres ouvraient les cours des écoles normales destinées à former des professeurs pour toutes les écoles de la république. M. Puissant y suivit les leçons de haute analyse faites par Lagrange, par Laplace et par d'autres mathématiciens

éminents. Préparé comme il l'était déjà, il y fit de rapides progrès; son talent pour les mathématiques acheva de s'y développer, et y reçut le cachet d'élégance et de pureté qui caractérise tous ses travaux.

Un concours ayant été institué pour les places de professeurs dans les écoles centrales à établir dans les départements, M. Puissant s'y présenta avec succès, et, le 10 mai 1796, il fut nommé professeur de mathématiques à l'école centrale de Lot-et-Garonne, qui allait s'ouvrir à Agen.

Cependant M. Puissant était toujours ingénieur-géographe, et il reçut bientôt du directeur l'ordre de reprendre ses travaux au Dépôt de la guerre. Il y rentra, en effet, le 21 septembre 1796, avec une note du général Moncey, que je regrette de ne pouvoir transcrire ici, car on comprend à sa lecture comment deux institutions scientifiques importantes se disputaient déjà M. Puissant.

Notre futur confrère hésita pendant plusieurs mois entre le Dépôt de la guerre et l'école centrale de Lot-et-Garonne. Il finit par se décider en faveur de cette dernière, qui le rappelait à Agen, où il avait consacré à des études assidues trois des plus belles années de sa jeunesse.

Il envoya donc, non sans regret, au Dépôt de la guerre une démission qui, heureusement, ne devait pas être regardée comme définitive, et il partit pour Agen, où il commença à professer le 19 février 1797.

Ses leçons eurent beaucoup de succès; il y forma un très-grand nombre d'élèves admis avec distinction à l'École polytechnique. Ce fut pendant son professorat à l'école centrale de Lot-et-Garonne que M. Puissant composa son premier ouvrage de mathématiques, qui parut, à Agen, en 1801, sous le titre de *Recueil de diverses propositions de géométrie résolues ou démontrées par l'analyse algébrique, d'après les principes de Monge et de Lacroix*. Cet essai le fit classer de prime abord parmi les hommes les plus habitués aux formules et aux procédés de la trigonométrie, et deux éditions subséquentes et perfectionnées l'ont fait considérer de plus en plus comme un des ouvrages les plus utiles aux jeunes géomètres.

Il publia aussi à Agen, par ordre de l'administration départementale, une petite instruction pleine de lucidité sur le calcul décimal, suivie de tables de comparaison très-étendues des anciennes mesures provinciales de toute espèce, avec les mesures métriques analogues, travail digne d'être remarqué dans la jeunesse d'un savant qui devait un jour continuer les grands travaux sur lesquels repose la détermination du mètre.

M. Puissant était fort heureux à Agen, mais ce bonheur ne dura que cinq ans. Pendant la trop courte durée de la paix d'Amiens, le gouvernement consulaire commença à s'occuper de l'instruction publique, à laquelle il donna une organisation nouvelle, prélude de celle de 1806, qui fonda l'Université. Une loi du mois de mai 1802 supprima les écoles centrales établies par la Convention et les remplaça par des lycées.

M. Puissant cessa ainsi de professer, mais alors on lui rendit la démission qu'il avait donnée en 1797, et, le 28 juillet 1802, il fut nommé ingénieur-géographe de première classe, avec rang de capitaine de cavalerie et désigné pour être employé sous les ordres du bureau topographique de l'Adige et de l'Adda. D'après l'*Almanach national* de cette époque, M. Lomet était alors, au ministère de la guerre, chef de la division des opérations militaires.

Toutefois M. Puissant ne devait pas aller directemen Lombardie. Les traités récemment signés avaient assuré France la possession de l'île d'Elbe, qui avait été déc aussitôt partie intégrante du territoire français et incor à la 23e division militaire.

Ce fut à l'île d'Elbe que M. Puissant fut d'abord en pour en lever la carte avec son collègue, M. Moynet, comme le plus ancien, était chargé de diriger le travai mission de M. Puissant devait se borner à coopérer à la t gulation et devait finir avec elle. Agé alors de trente- ans, il était déjà traité comme un officier d'un talent rieur qu'on n'employait qu'aux opérations où il était indi sable.

Sous le consulat, on ne voyageait pas à la vapeur. M. sant, arrêté d'abord pendant quinze jours par les vents sur la rade de Toulon et retenu en mer pendant treize jours par la persistance des mêmes vents, qui lui é directement contraires, perdit six semaines, malgré to diligence, en se rendant à son poste, et, en arrivant à d'Elbe, il vit surgir des obstacles avec lesquels on avait tort de ne pas compter.

On était déjà au 10 octobre, la saison était avancé jours devenaient courts; bientôt commencèrent les d'automne, qui condamnaient fréquemment les ingén géographes à rentrer au logis avec tous leurs appareils n'était pas là un médiocre embarras. On leur avait con excellent cercle répétiteur de Lenoir et d'autres bons i ments, tous fort délicats et d'un poids assez considérabl aides étaient nécessaires pour les transporter sur les poi ils devaient être employés et pour assister les ingénieur leurs opérations. Mais ils n'avaient pas été pourvus, départ de Paris, des sommes nécessaires à l'exécution d travaux, c'est-à-dire aux salaires et à la nourriture de aides, à la construction des abris, des signaux, etc.; vaient en faire l'avance sur leurs appointements, et c pointements ne leur étaient pas payés. Cependant ils n vaient compter sur aucune assistance gratuite : l'île d occupée les années précédentes par des troupes ang offrait très-peu de ressources, et ses habitants, canonné huit mois auparavant, par la flotte de l'amiral Gante avaient naturellement, à l'égard des militaires françai de méfiance que de bonne volonté.

L'ancienne Ilva (1), cette île à laquelle s'attachent a d'hui de si vifs souvenirs, n'était encore connue, com temps des Romains, que par ses minerais de fer inépui et d'une excellente qualité. C'est sous ce rapport, en temps que par sa position stratégique près des côtes de lie, qu'elle avait fixé l'attention du premier consul. Au de vue stratégique, il en désirait une bonne carte; au de vue de la richesse minérale, il voulait qu'on l'ex à fond.

Aussitôt après l'annexion de l'île au territoire franç général Bonaparte y avait envoyé, comme commissai gouvernement, le célèbre minéralogiste Lelièvre, so frère dans la première classe de l'Institut. Le savant micien accueillit avec la plus vive sympathie les ingén géographes envoyés pour coopérer à sa propre missi

(1) Dans l'antiquité, l'île d'Elbe a porté les noms d'*Œtalis*, et d'*Ilva*.

carte de l'île. Dès le lendemain de leur arrivée, il arrêté fortement motivé pour ordonner que leurs nents échus leur fussent payés. Le général Rusca, lant des troupes d'occupation, s'employa dans le ns. Il leur avait procuré, près de lui, des logements dans la ville de Porto-Ferrajo, qui, comme beau-illes italiennes, renfermait plus de palais que de res-ffectives; mais n'étant pas payé lui-même, il ne pou-ider pécuniairement. Le directeur du Dépôt de la uquel MM. Moynet et Puissant adressaient des récla-incessantes sur le dénûment qui paralysait leurs opé-crivit de son côté à plusieurs reprises aux autorités ites; mais le payeur de la 23e division militaire, ré-Bastia, dont la caisse était peut-être vide, fit la sourde endant tout l'hiver, et les deux ingénieurs-géogra-furent pas mieux traités que la garnison, qui était le fort mal payée. Ils reçurent, qui le croirait aujour-le somme totale de 250 francs pour les aider à vivre iller pendant six mois!

lant il eût été inopportun d'ajourner l'opération, squ'au retour de la belle saison, d'abord parce que nt était désigné pour remplir, l'été suivant, une ssion, et ensuite parce qu'on pouvait déjà prévoir ix d'Amiens ne serait pas de longue durée. Les deux estèrent donc à leur poste, et, malgré de déplorables ils prouvèrent, eux aussi, que le mot *impossible n'est ais*, en exécutant complétement, pendant le cours de oute la partie de leur mission à laquelle M. Puissant endre part.

l'Elbe, qui a 30 kilomètres de longueur sur 19 de présente un sol pittoresquement accidenté, composé entièrement de montagnes assez confusément agglo-Plusieurs cimes, telles que le monte Capane, le monte le monte Calamita, ont des hauteurs de 1000 mètres C'était au total un champ d'opérations assez restreint, cependant pour donner lieu aux principaux pro-le la géodésie et de la topographie, se rattachant , ainsi que j'aurai bientôt occasion de l'expliquer, semble beaucoup plus vaste, et exigeant par cela grande perfection dans le travail dont il allait être

ıt débarqués à Porto-Ferrajo, MM. Moynet et Puis-ant préalablement assurés que, dans le transport, cident n'était arrivé à leurs instruments, firent im-nent une première reconnaissance de l'île pour dis-eurs signaux de la manière la plus avantageuse, eu a force des lunettes de leur cercle répétiteur. Au quinze jours, ils purent envoyer au général Sanson, du Dépôt de la guerre, le plan de leur canevas tri-rique, en sollicitant ses conseils pour le perfection-y était presque circonscrite par deux triangles du ordre. Les points accessoires étaient déterminés par gles secondaires dont l'enchaînement était tel que vait souvent servir de preuve à l'autre, et les deux rs étaient prêts à aller en relever ces angles chacun côté, aussitôt cependant que l'atmosphère ne les it plus, car les pluies avaient déjà commencé; mais t des éclaircies, et peu à peu ils trouvèrent moyen établir et séjourner, séparément, le temps nécessaire, un de leurs points trigonométriques, même sur les s plus élevées et les plus fortement exposées aux vents et aux rigueurs de l'hiver. Les trois angles de chacun des triangles furent déterminés successivement, par chacun d'eux, au moyen de plusieurs répétitions d'angles, et, pour compléter les éléments de la triangulation, une petite base de 1691 mètres de longueur fut mesurée sur l'une des plages de l'île.

Ils purent alors calculer la longueur des côtés de leurs triangles, ainsi que celle de la ligne tirée du phare de Porto-Ferrajo à la tour de Populonia, située sur la côte de Toscane. Ils trouvèrent cette distance de 11870 toises, et, d'après la triangulation de M. Tranchot, dont je dirai bientôt quelques mots, elle devait être de 11 869 toises; c'était le même chiffre à une toise près, et un tel accord entre les deux résultats pouvait être considéré comme vérifiant à la fois l'exactitude de l'une et l'autre opération.

Pour achever leur travail, il ne restait plus à MM. Moynet et Puissant qu'à fixer l'orientation de tout leur réseau en déterminant, par l'observation du soleil, l'azimut ou l'orientation de leur *base définitive*, qui était la ligne tirée du monte Capane au fanal de Porto-Ferrajo. Ils profitèrent, pour exécuter cette opération délicate, des journées sereines du premier printemps, et particulièrement de celles des 20, 21 et 22 mars. M. Puissant calcula les observations par la méthode nouvelle de Legendre, et compléta ainsi la triangulation à laquelle devait se borner sa mission.

Aussitôt qu'il l'eut terminée, il partit pour Paris afin d'y toucher ses appointements employés d'avance, et de s'acheminer ensuite vers Milan.

Outre les chiffres calculés, M. Puissant portait encore au Dépôt de la guerre d'autres résultats laborieusement obtenus. Les difficultés incroyables qui avaient presque compromis la partie la plus essentielle de sa mission n'avaient pas pesé aussi lourdement sur les travaux accessoires qui lui étaient recommandés. Il pouvait parcourir seul, sans assistants et presque sans dépenses, toute l'étendue de l'île d'Elbe, et rapporter au gîte chaque soir des levés à vue rapidement esquissés, des croquis et des paysages dessinés au crayon. Il avait souvent usé de ce moyen de distraction, le seul qui lui fût permis, et il avait adressé entre autres au directeur du Dépôt de la guerre une vue de la grande mine de fer de Rio, dont, sans doute, il n'était pas mécontent, malgré la manière modeste dont il en parlait dans sa lettre, car il disait, à la fin : « Veuillez la faire voir à M. Lomet. »

Les dessins de M. Puissant furent employés au Dépôt de la guerre pour dresser, à l'échelle du cinquante-millième, une *carte topographique de l'archipel toscan* ou de *l'île d'Elbe et des îles adjacentes*, qui fut gravée en 1821 pour servir de modèle de topographie. En raison du fini des détails, que la grandeur de l'échelle a permis de dessiner complétement, cette carte est réellement un des meilleurs spécimens qu'on ait publiés jusqu'ici d'une topographie compliquée, exprimée dans le système de l'éclairage vertical.

Le but qui avait déterminé le gouvernement à envoyer des ingénieurs-géographes à l'île d'Elbe était ainsi complétement atteint; mais, indépendamment de cet objet d'utilité immédiate, le Dépôt de la guerre avait eu une pensée d'un ordre plus général en chargeant un officier, aussi habile sous ce rapport que M. Puissant, de concourir à la triangulat c'était de compléter et de vérifier une grande opérati même genre, commencée depuis longtemps, qui emb déjà l'île de Corse, à laquelle on rattacha plus tard l

daigne, et qui peut-être sera étendue un jour en Algérie, comme le sera aussi probablement la triangulation par laquelle MM. Biot et Arago ont prolongé jusqu'aux îles Baléares la méridienne de France.

La triangulation de l'île d'Elbe avait ainsi une importance supérieure à celle de la carte d'un territoire d'une médiocre étendue, et le général Sanson, en en confiant spécialement l'exécution à M. Puissant, avait fait preuve de tact et de jugement.

Il en fit preuve de nouveau en le chargeant encore de continuer en Lombardie la triangulation entreprise près de vingt ans auparavant par Oriani. Le rapprochement des deux noms présente un à-propos presque prophétique; car l'illustre astronome de Milan, après avoir commencé par mesurer des triangles, devait trouver son plus beau titre de gloire dans un savant et profond travail sur la trigonométrie sphéroïdique (1), de même que M. Puissant devait un jour trouver le sien dans le grand ouvrage de géodésie dont je parlerai bientôt.

Le premier consul, qui, le 25 janvier 1802, avait été proclamé président de la république italienne dans une assemblée de délégués italiens, réunis solennellement à Lyon, avait attaché de l'importance à la reprise de la triangulation d'Oriani, et M. Brossier, un des membres les plus éminents du corps des ingénieurs-géographes, en avait été chargé conjointement avec M. Puissant, qui n'avait été détaché à l'île d'Elbe que temporairement. Celui-ci rejoignit son chef à Milan aussitôt que cela lui fut possible. Aux mesures des triangles, il joignit d'importantes observations sur les réfractions terrestres, dans lesquelles il constata des irrégularités destinées à devenir l'objet de travaux ultérieurs (2).

Les triangles de la Lombardie ont été incorporés plus tard dans la grande chaîne qu'on étendit, pour la mesure du parallèle moyen, de la tour de Cordouan à l'embouchure de la Gironde, jusqu'à Fiume, en Istrie, et par là les mesures de M. Puissant sont encore devenues parties intégrantes de l'une des plus grandes opérations géodésiques de notre siècle.

M. Puissant avait conscience de l'exactitude des mesures qu'il avait exécutées tant à l'île d'Elbe que dans le Milanais, et, dans ses ouvrages subséquents, il les prend volontiers comme données pour des exemples de calcul. Dès l'époque de ces opérations délicates, le mérite dont il y fit preuve fut apprécié par ses chefs, et, le 24 septembre 1803, il fut nommé à l'emploi de chef de section d'ingénieurs-géographes avec le rang de chef d'escadron.

Mais M. Puissant prolongea peu son séjour dans la république italienne. Une loi du 11 floréal an X (22 mai 1802) avait créé l'École spéciale militaire de Fontainebleau, transférée en 1808 à Saint-Cyr, où elle existe encore, et un arrêté du gouvernement, du 20 février 1803, en avait fixé l'organisation. Les quatre professeurs de mathématiques qu'elle devait renfermer (deux par chaque division) furent nommés le 11 octobre 1803. Le choix du gouvernement s'arrêta sur MM. Allaize, Billy, Puissant et Boudrot.

M. Puissant quitta aussitôt l'Italie pour venir remplir ses nouvelles fonctions; mais il dut, le 24 novembre suivant, donner sa démission de l'emploi de chef de section au corps des ingénieurs-géographes, auquel il venait d'être promu. Cette démission fut acceptée par le ministre de la guerre; elle devait cependant n'être en fait que provisoire.

L'enseignement de M. Puissant à l'école de Fontainebleau fut fort goûté des élèves, et beaucoup d'officiers parvenus à tous les degrés de la hiérarchie militaire en ont conservé un précieux souvenir. Les professeurs de mathématiques de cette école furent invités à écrire leurs leçons, qui furent publiées sous le titre de *Cours de mathématiques rédigé pour l'usage des écoles militaires, par MM. Allaize, Billy, Puissant et Boudrot*, et cet ouvrage, qui a été réimprimé plusieurs fois, est resté longtemps un des traités élémentaires étudiés avec le plus de fruit. M. Puissant y avait justifié ce que son professorat à l'école centrale de Lot-et-Garonne et l'ouvrage de géométrie analytique qu'il avait publié permettaient d'attendre de lui.

D'après de tels antécédents, on avait eu la certitude de donner en lui aux élèves de l'École spéciale militaire un professeur excellent, mais on avait pu prévoir aussi que l'enseignement élémentaire dont on le chargeait n'emploierait pas toute son activité, et peut-être avait-on songé à lui ménager par là le temps nécessaire pour élaborer les travaux de géodésie qu'il avait préparés et médités à l'île d'Elbe.

On aurait peine à le croire s'il ne l'avait déclaré lui-même, les journées pluvieuses et les longues soirées des mois de novembre et de décembre 1802 pendant lesquelles M. Puissant s'était vu confiné dans un logis où le pain quotidien n'était pas toujours assuré, avaient été les plus fécondes pour la science de toute la carrière de notre confrère. On lit, en effet, dans une lettre qu'il adressait de Porto-Ferrajo au général Sanson le 12 nivôse an XII (2 janvier 1803) : « J'ai cherché à » utiliser mon temps en composant un *Traité de géodésie*. » L'excellent mémoire de Delambre sur la détermination » d'un arc du méridien m'a fourni les matériaux les plus » précieux. J'ai développé toutes les méthodes analytiques; » aux démonstrations laborieuses j'ai substitué des démonstra» tions plus simples et plus à la portée de ceux qui ne sont » pas versés dans l'analyse : ce travail, je l'espère, ne laissera » rien à désirer sur le meilleur système de triangulation à » employer dans la formation du canevas des cartes topogra» phiques. Cependant, avant de le livrer à l'impression, j'au» rai l'honneur de vous le communiquer, afin que je puisse » lui donner le degré de perfection dont il est susceptible. »

Ce travail de perfectionnement, indiqué par M. Puissant en termes si modestes, il le fit dans ses loisirs de l'École spéciale militaire. Les travaux géodésiques auxquels il avait coopéré, et dont il avait été chargé par le Dépôt de la guerre, lui avaient donné l'occasion de recueillir un grand nombre d'observations utiles et de faire quelques recherches importantes, qui, en complétant et enrichissant sa première rédaction, y firent entrer le corps entier de la science. Pendant que s'élaboraient ailleurs plusieurs des codes et des lois fondamentales qui nous régissent encore, M. Puissant formula à Fontainebleau le code des travaux géodésiques.

Le *Traité de géodésie* parut à la fin de l'année 1805, en un volume in-4°. Ce fut un événement dans la science, et il est intéressant de constater l'effet qu'il produisit au moment de son apparition sur les hommes capables de l'apprécier. Il n'y avait guère alors de juges plus au courant de la matière que MM. Biot et Arago, qui se livraient à une étude approfondie de tous les documents géodésiques pour se préparer à aller

(1) *Éléments de trigonométrie sphéroïdique*, insérés par fractions dans les *Mémoires* de l'Institut italien, de 1806, 1808 et 1810.

(2) *Additions à la connaissance des temps pour* 1842, et *Nouvelle description géométrique de la France*, tome II, pages 645 et 663.

er en Espagne la méridienne de France. Leur départ au commencement de l'année 1806, et, avant de par- Biot rédigea sur l'ouvrage que venait de publier sant un article qui parut dans le *Moniteur universel* du 5 mai 1806 (page 676), et dont j'extrais les passages sui- « Cet ouvrage renferme la collection complète des mé- s d'observation et de calcul que les géomètres et les nomes ont imaginées pour la recherche de la figure de re. M. Puissant, déjà avantageusement connu par des ges de géométrie élémentaire, et ayant lui-même exé- plusieurs travaux géodésiques importants, réunissait s les circonstances de théorie et de pratique néces- pour faire un bon ouvrage de ce genre ; aussi le sien sse-t-il rien à désirer... L'auteur a toujours su choisir eilleures méthodes, et a su se les rendre propres par anière dont il les a exposées... On sent que dans un aussi étendu et qui porte sur des matières aussi va- l'auteur n'a pu se borner à rapporter les procédés et rmules déjà connus, mais qu'il a dû mettre beaucoup n et de travail à les rapprocher, à les lier ensemble, d'en former un corps de doctrine complet. »

borne à citer ce jugement de l'un des maîtres de la , et je ne suis pas M. Biot dans l'analyse qu'il donne q livres du *Traité de géodésie*. J'aurai à y revenir, car sant a continué à s'en occuper pendant près de qua- ns.

raité de géodésie fut suivi en 1807 d'un *Traité de topo- , d'arpentage et de nivellement*, consacré aux opérations il ayant pour objet le levé des plans et autres applica- tiles de la géométrie. Ce second ouvrage, dont le mé- le dans son genre celui du premier, eut lui-même un uccès.

raité de géodésie et le *Traité de topographie* obtinrent des mentions honorables dans le rapport sur les prix aux.

t achevé au commencement de l'année 1809 la tâche avait été imposée pour la rédaction des cours de l'École militaire, M. Puissant fut rappelé de Saint-Cyr et vint définitivement à Paris. On avait compris que le corps nieurs-géographes serait privé de son plus beau fleu- t que l'auteur du *Traité de géodésie* ne figurerait pas s rangs, et on l'avait prié de retirer sa seconde démis- i décret impérial, en date du 24 mars 1809, le confirma grade qu'il avait conquis en Italie.

chargé des fonctions de chef des études et de profes- 'École d'application du corps.

t la dernière péripétie de la carrière de M. Puissant, it alors quarante ans. Exempt maintenant de la plu- s soucis qu'il n'avait que trop connus auparavant, on e que sa vie, depuis lors, est tout entière dans ses tra- ppelé à prendre part à la discussion numérique et à la ation des documents géographiques recueillis par les de nos armées, consulté sur les travaux géodésiques prendre et chargé d'en enseigner les principes, il exer- fois les deux aptitudes qui tour à tour s'étaient par- i existence; il se trouvait dans son élément, et dans ites du Dépôt de la guerre il put être tout à fait lui- Sous l'uniforme du chef d'escadron au corps des ingé- géographes ou sous celui du colonel d'état-major, on ru voir un philosophe de l'antiquité occupé toute sa e grande et unique pensée.

Cette pensée était l'analyse géométrique des formes géographiques et topographiques, soit en grand par la mesure de la terre entière et des grandes lignes de sa surface, ce qu'on appelle la *grande géodésie*, soit en petit par la fixation et la représentation de tous les détails de la superficie jusqu'au cadastre inclusivement, ce qui constitue la *topographie*. La confection des cartes géographiques à petite et à grande échelle est renfermée dans ce vaste cadre, qui comprend aussi l'expression artistique, par le dessin et par la gravure, de tous les accidents naturels ou artificiels du sol, et qui embrasse en totalité la science et l'art de l'ingénieur géographe.

M. Puissant n'était étranger à aucune des parties du métier; il les avait toutes pratiquées avec succès. Partant des premiers éléments, il avait commencé à treize ans chez le notaire de Château-Thierry à apprendre la pratique de l'arpentage, et, s'élevant d'échelon en échelon, il était parvenu à saisir tout ce que la grande géodésie offre de subtil, de délicat, de profond, et à en faire, le premier, un corps de doctrine régulière qui était devenu l'objet constant de ses méditations.

Chargé spécialement de l'enseigner aux ingénieurs-géographes, il reprit son *Traité* publié en 1805, et en prépara une seconde édition qui parut en 1819 en deux volumes in-4°. Le plan de l'ouvrage n'est que légèrement modifié, mais l'étendue en est plus que doublée par les développements donnés à plusieurs chapitres et par l'addition d'un sixième livre aux cinq livres de la première édition.

Mais ce ne fut pas encore son dernier mot. Il retravailla de nouveau toutes les parties de ce grand ouvrage, en fit faire des réimpressions, partielles et perfectionnées, soit dans le *Mémorial* du Dépôt de la guerre, soit ailleurs, et, comme le disait M. Arago dans les éloquentes paroles qu'il prononça sur la tombe de notre confrère, chaque nouvelle édition offre des améliorations réelles, là même où les plus habiles n'avaient pas soupçonné la nécessité d'une modification légère. Toutes ces améliorations ne se trouvent réunies que dans une troisième et dernière édition du *Traité de géodésie*, qui parut en 1842, moins d'un an avant la mort de M. Puissant.

L'ouvrage intitulé aussi : *Exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques applicables à la mesure de la terre et à la construction du canevas des cartes topographiques*, demeure composé de deux volumes in-4° divisés en six livres.

Le premier renferme des notions de la sphère et des mouvements des corps célestes. Il sert d'introduction à ceux des livres suivants qui ont pour objet l'application de l'astronomie à la géodésie. Le second livre rappelle et perfectionne les principes généraux de la résolution des triangles rectilignes et des triangles sphériques.

Le troisième livre se rapporte aux opérations et aux calculs géodésiques.

Le quatrième et le cinquième livre sont consacrés à l'exposition des méthodes d'observation et de calcul astronomiques en usage dans la géodésie, qui trouve dans le ciel les moyens de fixer sur le sphéroïde terrestre les positions des points et des lignes auxquels s'appliquent ces mesures.

Le sixième livre, consacré aux *questions de haute géodésie*, renferme l'analyse des triangles sphéroïdiques de toute dimension, et la recherche de la véritable figure de la terre, soit par les mesures géodésiques, soit au moyen des longueurs du pendule. Il contient les méthodes transcendantes par lesquelles on parvient à constater les irrégularités de la figure

de la terre, dues peut-être, en partie, à la distribution irrégulière elle-même des masses inégalement denses qui composent l'écorce terrestre, irrégularités que M. Puissant recommande, avec raison, à l'attention des géologues.

Les matières contenues dans ces six livres ont été, pour la plupart, l'objet des leçons faites par M. Puissant au Dépôt de la guerre. On y voit à quel degré le savant professeur avait porté l'enseignement de la géodésie. Il faut renoncer à en donner ici un résumé, mais peut-être ne me sera-t-il pas impossible de présenter un aperçu sommaire de l'objet du troisième livre, qui est le plus étendu et qui forme le corps de la science géodésique.

La géodésie procède principalement par la mesure de triangles qui se lient de proche en proche les uns aux autres, par les côtés et les sommets qui leur sont communs, de manière à embrasser tout l'espace dont on veut s'occuper. Le triangle est la figure la plus élémentaire de la géométrie. Les six parties, les trois côtés et les trois angles dont il se compose, sont liées entre elles par des lois invariables, aussi certaines que la célèbre proposition du *carré de l'hypoténuse.*

Un bon triangle, dont les six parties satisfont pleinement aux relations qui doivent exister entre elles, est un élément immuable, et tous ceux qui se sont occupés de travaux géodésiques ont tenu à honneur de léguer à leurs successeurs de *bons triangles* où il n'y ait jamais rien à changer.

De même qu'à l'île d'Elbe, on établit presque partout des triangles de plusieurs ordres de grandeur. Les triangles du premier ordre sont comme l'ossature fondamentale de tout le réseau. Les triangles du second ordre, moins grands et plus nombreux, servent à rattacher à *la grande triangulation* dans laquelle on les intercale les points de la contrée dont il importe le plus de fixer la position. Les triangles du troisième ordre intercalés à leur tour dans ceux du second, auxquels ils se lient par quelques-uns de leurs sommets, servent à déterminer tous les points remarquables auxquels on rattache ensuite les détails topographiques par des levés de détail.

Quand on veut seulement mesurer une grande ligne, telle que l'arc de la méridienne de France comprise entre Dunkerque et Barcelone, on se borne à *la grande triangulation;* dans tous les cas, c'est sur cette dernière que se concentrent principalement l'attention et les soins des savants chargés de diriger un pareil travail.

On a senti depuis longtemps, et Laplace l'a démontré par le calcul des probabilités, que la chance de commettre quelque erreur dans l'ensemble d'une grande opération géodésique est en raison du nombre des triangles du premier ordre qui relient entre eux les points extrêmes. On cherche donc à réduire ce nombre en faisant les triangles le plus grands possible ; mais leur grandeur a des limites naturelles qui ne doivent pas être dépassées.

Le cercle de visibilité des plus hautes montagnes du globe, celles de l'Himalaya, n'atteint pas trois degrés de rayon, et par conséquent deux montagnes de cette hauteur exceptionnelle ne peuvent être visibles l'une de l'autre qu'autant qu'elles sont à moins de 6 degrés de distance. Pour des montagnes élevées de 2000 mètres, la condition de visibilité est d'être éloignées de moins de trois degrés ; mais de pareilles montagnes sont encore trop clair-semées sur la surface de la terre pour qu'on puisse compter en général sur des jalons d'une pareille dimension, et par conséquent sur la possibilité d'employer des triangles ayant des côtés de trois degrés, c'est-à-dire d'un cent-vingtième seulement de la circonférence du globe. Au point de vue géodésique, il n'y a pas lieu de le regretter, parce que les moyens d'observation ne permettent pas de se servir de triangles d'une aussi grande étendue.

Pour qu'une opération géodésique présente toutes les garanties dont elle est susceptible, il faut que chacun des angles soit mesuré séparément et le soit même plusieurs fois, comme MM. Moynet et Puissant le faisaient à l'île d'Elbe ; ce qui exige que les sommets des triangles soient tous des points accessibles, où l'on puisse s'installer avec des instruments, et que de chaque sommet de l'un des triangles on puisse voir nettement les deux autres. Il faut même pouvoir les observer commodément, ce qui deviendrait impossible si les côtés des triangles étaient trop longs.

Le triangle par lequel on a essayé de lier les montagnes de la Corse, non plus à celles de l'île d'Elbe, mais à celles de la Provence et de Nice, aurait deux côtés d'une longueur un peu supérieure à deux degrés, mais l'angle compris entre eux n'a pu encore être mesuré.

Si, comme l'ont proposé deux de nos plus habiles ingénieurs-géographes, M. le général Blondel et M. le colonel Levret, on parvient à lier un jour les montagnes du midi de l'Espagne à celles de l'Algérie, ce sera au moyen de triangles dont les côtés auront seulement deux degrés, et où la mesure des angles est cependant considérée comme devant être un tour de force, dans lequel on n'espère réussir qu'en employant, comme point de mire, l'image même du soleil réfléchie dans un miroir parfaitement poli.

M. Arago remarque que la triangulation au moyen de laquelle il a pu, avec M. Biot, prolonger la méridienne de France jusqu'aux îles Baléares, *avait ce caractère d'avoir été faite sur des côtes maritimes et à travers la mer et à l'aide de triangles d'une étendue inusitée* (1). Le plus long côté de ces triangles, celui de Campvey, dans l'île d'Iviza, au Desierto de las Palmas, dans le royaume de Valence, n'avait pas tout à fait un degré et demi.

M. Arago, dans l'écrit palpitant d'intérêt qu'il a intitulé *Histoire de ma jeunesse*, fait un tableau saisissant des tribulations qu'il éprouva sur le rocher abrupt et isolé du Desierto, élevé de 726 mètres au-dessus de la Méditerranée, où, à l'âge de vingt et un ans, il dut séjourner pendant six mois consécutifs, essayant chaque soir et presque toujours en vain d'observer le signal de feu de Campvey, dont la lumière était mal dirigée ; car l'exacte direction de l'axe du réverbère est une des difficultés de ces opérations à longue portée, qui dépendent en outre, d'une manière fâcheuse, de la transparence capricieuse de l'atmosphère.

Ce serait vouloir éterniser les opérations géodésiques que de se heurter, sans une nécessité absolue, à des difficultés de ce genre. On se borne donc presque toujours à des triangles moins étendus, et l'on y est d'ailleurs contraint par des nécessités d'une autre nature.

Pour des motifs que j'indiquerai bientôt, tous les côtés des triangles d'un même réseau doivent être à peu près du même ordre de longueur, et comme un réseau trigonométrique s'étend généralement à la fois sur des plaines et sur des

(1) Arago, *Mesure de la méridienne* (*Œuvres complètes*, tome II, page 56).

gnes, c'est d'après les triangles à établir sur les plaines détermine la longueur à donner aux côtés. Dans un e plaines, il est souvent difficile, même en se servant ichers des églises bâties sur des éminences, ou de si- très-élevés remplissant les mêmes conditions, de trou- ux points qui dominent de 100 mètres, en moyenne, ace déprimée intermédiaire, par-dessus laquelle l'un doit être visible de l'autre. Le cercle de visibilité d'un élevé de 100 mètres étant d'environ de 19 minutes, les points, pour se voir mutuellement, doivent être éloi- le moins de 38 minutes, qui font à peu près 70 kilomè-)n reste presque toujours au-dessous de cette limite.

s les triangulations exécutées en France pour la mesure méridienne et pour servir de bases à la carte de major, les côtés des triangles sont généralement com- ntre 20 000 et 50 000 mètres. Ceux de MM. Moynet et nt à l'île d'Elbe, ceux de M. Tronchot en Corse, étaient grands. Les côtés des 28 triangles au moyen desquels r et la Condamine mesurèrent au Pérou, près de teur, trois degrés de latitude, ne dépassaient pas 30 000 s, bien que leurs sommets fussent le plus souvent pla- r de hautes montagnes dépendant de la chaîne des .

triangles doivent toujours être liés à une ligne princi- ou *base* qu'on mesure avec beaucoup de soin et dont gueur sert à calculer, comme à l'île d'Elbe, celles de es côtés. Il faut que la forme des triangles soit favorable précision de ces calculs en même temps qu'à l'exacte vation des angles. Deux lignes ne se coupent jamais plus ment que lorsqu'elles se rencontrent à angle droit. d elles se coupent sous un angle très-aigu, le point rsection devient incertain, dans les calculs aussi bien lans les constructions graphiques. Si un triangle pré- un angle droit, les deux autres angles ont en moyenne rés ; ils sont déjà un peu trop aigus. Dans la disposition triangulation, on cherche à éviter les angles droits et plus les angles obtus, qui amènent des angles aigus, et l'on ent autant que possible d'en employer qui aient moins degrés : le beau idéal en cette matière consisterait à n'em- r que des triangles équilatéraux à angles de 60 degrés ; on est presque toujours obligé de s'écarter plus ou moins type normal, à cause de la disposition naturelle des points est obligé de prendre pour sommets des triangles.

bon choix de ces points est une partie essentielle du -faire de l'ingénieur-géographe, qui doit éviter autant ossible d'employer des triangles dont les côtés auraient longueurs trop inégales. J'ai rappelé le soin que Moynet et Puissant ont mis à l'île d'Elbe à faire préa- nent le plan de leur triangulation. Le plan d'une trian- ion se discute toujours à l'avance, et M. Puissant, au de la guerre, était souvent occupé à examiner les pro- le celles qui devaient être exécutées par les ingénieurs- aphes.

rayons visuels qui joignent deux à deux les sommets iangles sont des lignes droites, sauf la courbure légère eur imprime la réfraction terrestre, et abstraction faite ette légère courbure, les triangles qu'ils constituent à trois sont des triangles rectilignes, situés dans des plus ou moins inclinés. Jusque vers la fin du dernier , on les a calculés comme tels : les triangles de la lienne du Pérou, ceux qui ont servi de base à la carte de Cassini, ont été calculés par cette méthode, qui n'était au fond qu'approximative.

Mais en 1787, lorsque Legendre fut appelé à concourir à la triangulation par laquelle on entreprenait de lier entre eux les observatoires de Paris et de Greenwich, il déclara que d'après les nouveaux perfectionnements qu'on venait d'ap- porter aux instruments servant à mesurer les angles, les méthodes de calcul avaient besoin d'être perfectionnées pour ne pas se trouver inférieures en précision aux moyens d'ob- servation employés. Il montra qu'il faut tenir compte surtout de la réduction des angles à l'horizon. Cette réduction fait disparaître les effets de la courbure légère imprimée par la réfraction aux côtés du triangle que l'on calculait comme rectiligne, ainsi que la complication résultant de l'inclinai- son du plan de ce triangle, mais elle lui substitue en fait le triangle essentiellement curviligne que forment, sur la sur- face du sphéroïde terrestre, les projections de trois rayons visuels.

Le calcul des triangles géodésiques se trouve ainsi ramené à celui des triangles sphériques, ou plutôt sphéroïdiques, qui en sont les projections horizontales. Mais le calcul de ces triangles ne serait ni exact ni commode par les tables de logarithmes ordinaires, à cause de la très-faible amplitude de leurs côtés, qui, le plus souvent, n'ont pas un demi-degré de longueur.

C'est un problème tout à fait spécial que celui de tenir compte, comme il est cependant indispensable de le faire, de la très-légère courbure d'un arc d'une aussi faible ampli- tude. Les formules de la trigonométrie sphérique, d'un em- ploi commode et parfaitement rigoureux pour des triangles qui occupent sur la sphère une étendue un peu notable, perdent cet heureux privilége lorsque le triangle devient très-petit. Celles qui ne sont pas communes aux triangles sphériques et aux triangles rectilignes éprouvent une dégé- nérescence par l'effet de laquelle elles se réduiraient aux formules de la trigonométrie rectiligne lorsque le triangle, en diminuant sans cesse, se réduirait lui-même à un point. Cette transformation spontanée des formules est un témoi- gnage de leur exactitude et de leur généralité, car un triangle sphérique dont les côtés sont infiniment petits est véritable- ment rectiligne. Mais il y a dans cette évolution un intervalle comparable aux lueurs incertaines que répand le crépuscule, *lorsque n'étant plus nuit, il n'est pas encore jour*, où ni l'une ni l'autre classe des formules ne peut être employée sans pré- cautions, et pour lequel il a fallu créer des méthodes spé- ciales. C'est là principalement ce qui a conduit à établir une branche particulière de science à laquelle s'est plus spéciale- ment adapté le mot *géodésie*.

Les triangles formés sur la surface d'un sphéroïde irrégu- lier, tel que la surface terrestre, par des lignes de plus courte distance qu'on appelle *lignes géodésiques*, sont sujets à la même remarque et les mêmes méthodes y sont applicables. Ces méthodes ont pour point de départ le célèbre *théorème de Legendre*, trait de génie de ce grand géomètre, d'après le- quel un triangle sphérique peu étendu, dont les trois angles ont été diminués chacun du tiers de l'*excès sphérique*, c'est-à- dire du tiers de l'excès de leur somme sur 180 degrés, peut être calculé avec une rigueur suffisante comme un triangle rectiligne. Delambre préférait calculer, comme l'avait pro- posé Prony, le triangle rectiligne formé par les cordes des trois côtés du triangle sphérique ou sphéroïdique, et arrivait

ainsi finalement au même résultat. D'autres artifices de calcul moins faciles à indiquer brièvement ont été joints aux précédents. Lagrange, Laplace et d'autres grands géomètres y ont apporté leur contingent. M. Puissant lui-même y a apporté le sien, et il a eu l'habileté de rassembler méthodiquement en un corps de doctrine, dont toutes les parties se lient et s'éclairent mutuellement, cette réunion de procédés élégants, mais sans liaison et trouvés isolément.

Il a toujours procédé dans ce travail par l'analyse pure, suivant des méthodes qui en révèlent une connaissance profonde, et quelquefois, s'armant de la cause même des difficultés, c'est-à-dire de la petitesse de certains arcs, il a employé les expressions de leurs lignes trigonométriques en séries, devenues alors très-convergentes, ce qui lui a permis d'opérer légitimement d'étonnantes simplifications.

Les opérations géodésiques proprement dites déterminent toutes les dimensions d'une contrée, ainsi que les altitudes de ses points principaux, et donnent tous les moyens d'en exécuter une représentation en dessin ou même en relief; mais elles ne fixent pas sa position sur la surface du globe. Cette position ne peut être constatée que par des observations astronomiques. Il est indispensable de déterminer astronomiquement la latitude et la longitude d'un point au moins du réseau, ainsi que l'*azimut* ou l'orientation de l'un des côtés des triangles. On peut alors calculer la latitude de tous les sommets des triangles et des azimuts de tous les côtés. Comme moyen de contrôle, on répète ordinairement les observations astronomiques en plusieurs points du réseau, et lorsqu'on trouve un léger désaccord entre les positions qu'elles donnent et celles que le calcul géodésique a données, on en conclut que la figure de la terre présente certaines irrégularités, auxquelles j'ai déjà fait allusion, et qu'on attribue généralement à des attractions locales.

Les autres livres du traité de géodésie, particulièrement les livres IV et V, se rapportent, comme je l'ai déjà dit, à ces observations astronomiques, à la manière de les faire et de les calculer. C'est un assemblage compliqué dans lequel M. Puissant a eu à mettre sous une forme pratique la méthode donnée par Legendre pour déterminer les azimuts par l'observation du soleil, la méthode analytique proposée par Lagrange pour calculer les éclipses et les occultations d'étoiles, ainsi que les formules données par Laplace pour l'application du calcul des probabilités aux travaux géodésiques, et les formules de la mécanique céleste relatives à la figure de la terre. Cette réunion de matières diverses et hétérogènes a ouvert encore un vaste champ au talent de M. Puissant pour réduire à leur plus simple expression les méthodes de calcul, sans en altérer l'exactitude.

C'est là un des mérites constants de tout son ouvrage, dans lequel il a contribué plus que personne à constituer la géodésie en corps de science, par la manière dont il a su en développer, en fondre et en ajuster toutes les parties, nouvelle et magnifique application de la pensée d'Horace : ..... *tantum series juncturaque pollet*..... tant est grande la puissance de l'ordre et de la coordination.

Ces remarques s'appliquent aussi au *Traité de topographie*, qui a eu deux éditions : la première en 1807, époque à laquelle l'auteur professait encore à l'École spéciale militaire; la deuxième en 1820. M. Puissant en préparait une troisième lorsque la mort le surprit en 1843. L'auteur désigne quelquefois cet ouvrage comme la seconde partie du *Traité de géodésie*, et la plupart des opérations qu'il décrit sont en effet de la même nature que celles de la grande géodésie. Elles n'en diffèrent au fond que parce qu'elles s'exécutent sur une échelle réduite, ce qui permet des simplifications plus ou moins considérables dans le mode d'observation et dans les méthodes de calcul.

Le livre Ier de la *Topographie* n'est même qu'une réunion d'exemples de calculs géodésiques où l'on retrouve ceux qui sont relatifs à la triangulation de l'île d'Elbe.

Le second livre, intitulé : *Analyse des projections perspectives de la sphère et de la construction des mappemondes*, et le troisième, *relatif aux projections par développement des cartes géographiques particulières*, auraient pu eux-mêmes, comme le remarque l'auteur, trouver place dans le *Traité de géodésie*.

La surface de la sphère, et à fortiori celle du sphéroïde terrestre, n'étant pas développables sur un plan, on n'en peut représenter rigoureusement, sur une feuille de papier plane, que des parties assez restreintes pour que la courbure y soit insensible : c'est le cas, par exemple, des plans du cadastre. Mais, quand il s'agit d'une contrée de quelque étendue et surtout d'un hémisphère entier, on ne peut en exécuter sur le papier que des figures conventionnelles. Ces figures s'écartent nécessairement de la vérité, de manière ou d'autre, et elles s'en écartent diversement suivant la fiction ou le *système de projection* adopté.

M. Puissant décrit avec une précision mathématique les principaux systèmes de projection en usage. Il établit par des calculs rigoureux la manière de tracer chaque projection, et il fait connaître les avantages et les inconvénients attachés à chacune d'elles. Il s'occupe entre autres, avec beaucoup de détail, de la projection de Cassini, employée pour la carte de France qui porte le nom de ces illustres astronomes, et de la projection modifiée de Flamsteed adoptée pour la nouvelle carte de France publiée par le Dépôt de guerre sous le nom de *carte d'état-major*. Cette dernière projection possède le précieux avantage de représenter par des surfaces égales de papier des parties d'égale étendue de la surface terrestre : mais lorsque, pour la France, on s'éloigne un peu de la méridienne de Paris et du parallèle moyen, la configuration du sol est toujours légèrement altérée, et les lignes droites, c'est-à-dire les lignes géodésiques, sont représentées par des courbes plus ou moins prononcées. Dans toutes les projections, les distances des différents lieux sont sujettes à être altérées, de sorte qu'en mesurant une distance sur la carte, on n'obtient communément qu'une approximation plus ou moins grossière.

Beaucoup de science peut être appliquée à l'étude de ces figures fictives, et, depuis M. Puissant, plusieurs savants ont continué à s'occuper de ce sujet difficile que M. Puissant, en le traitant avec supériorité, n'avait pas complétement épuisé.

L'étude qu'il en avait faite, jointe à sa profonde connaissance de la géodésie, mettait M. Puissant plus à même que personne de concourir avec succès à l'exécution d'une nouvelle carte topographique de la France. L'idée d'en faire une qui fût moins imparfaite, dans les détails de l'exécution, que la carte si recommandable cependant de Cassini, et qui se rattachât à la grande opération de la mesure de la méridienne, avait germé depuis longtemps dans l'esprit des ingénieurs-géographes. Par ordre de l'empereur Napoléon Ier, un projet avait été élaboré pour cet objet dès l'année 1808, par

iel Bonne ; mais les événements n'avaient pas permis ner suite.

édiatement après la paix, dès le 7 juin 1814, le général d'Albe, alors directeur du Dépôt de la guerre, demanda ise du projet du colonel Bonne. La question fut soude nouvelles études, et, par une ordonnance royale du 1817, une commission fut chargée d'examiner le pro· une nouvelle carte de France, appropriée à tous les es publics et combinée avec les opérations du cadastre al, ainsi que d'en poser les bases générales et le mode cution ». Cette commission, présidée par M. de Latait composée de quatorze membres, au nombre des trouvait M. Puissant, qui en fut élu secrétaire. Le laboré définitivement par la commission fut présenté XVIII le 6 août 1817. Le roi l'accepta et en prescrivit ion, par une ordonnance du même jour, qui chargeait teur du Dépôt de la guerre de conduire cette immense ise.

fut confiée à un bureau composé d'hommes spéciaux sidait le général Brossier, sorti des ingénieurs-géogra au nombre desquels figurait M. Puissant.

odésie du premier ordre, celle du second ordre et la phie furent commencées simultanément sur le ter l'année 1818. Les levés se faisaient d'abord à l'échelle millième, qui fut réduite plus tard au quarante-mil et avaient pour point de départ les plans du cadastre. le adoptée pour le dessin définitif et la gravure fut le vingt-millième, et l'on se servit de la projection modi Flamsteed. La carte est divisée en 258 feuilles rectan s, par des lignes qui sont droites sur le papier et qui ondent sur le terrain à des courbes à double courbure, sinueuses, dont M. Puissant a donné la définition ue dans son *Traité de topographie* et dans le *Mémorial* t de la guerre.

nevas trigonométrique est lié à la grande chaîne de s de la méridienne de Dunkerque à Barcelone, mesu rieurement par Delambre et Méchain, et à une autre semblable, perpendiculaire à la première, s'étendant à Strasbourg et passant à Paris. Les deux lignes que nes représentent, *la méridienne* et *la perpendiculaire*, coordonnées fondamentales. On a tracé ensuite, par les procédés et avec le même soin, les méridiennes de de Mézières et de Strasbourg, les parallèles ou, ce qui au même, les perpendiculaires d'Amiens, de Bourges, Clermont qui part de la tour de Cordouan pour sui parallèle moyen, celle de Rodez qui aboutit aux Alpes les, et la ligne des Pyrénées. Ces longues chaînes de s ont partagé la France en grands quadrilatères, n 200 kilomètres de côté, dont l'intérieur a été rem des triangles du premier ordre liés aux grandes chaî s-mêmes.

ases destinées à fournir des moyens de vérification ont urées aux deux extrémités de la perpendiculaire de rès de Strasbourg et de Brest, et en plusieurs autres au nombre de sept en tout. Les calculs effectués ces bases se sont généralement trouvés dans l'accord satisfaisant avec ceux qui s'appuyaient sur la base de mesurée par Delambre.

bservations astronomiques de latitude, de longitude et t ont été exécutées en un certain nombre de points. ce travail, exécuté militairement par des officiers, dont les mesures et les calculs n'étaient pas inférieurs en précision aux mesures et aux calculs des astronomes de profession dont le précieux concours leur a été plusieurs fois accordé, a été généralement reconnu d'une exactitude plus que suffisante pour son objet. Il fait le plus grand honneur au corps des ingénieurs-géographes, cette utile création de l'ancienne monarchie, que la république avait rétablie, que l'empire et la restauration avaient maintenue et développée.

Le *Traité de géodésie* de M. Puissant était le manuel des opérateurs, et le savant professeur, qui avait pris part à la disposition des triangles, présidait aux calculs dont ils étaient l'objet.

Ces calculs, auxquels ont concouru, de même qu'aux travaux des grandes lignes, les membres les plus éminents du corps des ingénieurs-géographes, MM. les colonels Broussand, Carabeuf, Peytier, Testu, Hossard, Lapie, et plusieurs autres, ont donné lieu à d'importants mémoires qui, avec ceux de M. Puissant, ont été réunis dans le *Mémorial* du Dépôt de la guerre, où ils forment trois volumes in-4° distincts, constituant un ouvrage spécial, intitulé : *Description géométrique de la France.*

J'aurai à revenir sur les travaux consignés par M. Puissant dans les deux premiers volumes imprimés de son vivant et sous sa direction ; mais, avant même qu'il les eût publiés, il possédait des titres nombreux pour entrer à l'Académie, et, malgré sa profonde modestie, son absence y était remarquée.

Les ouvrages et les mémoires de géodésie ne peuvent avoir beaucoup de lecteurs. Ceux de M. Puissant étaient hautement appréciés par les personnes qui pouvaient les comprendre, mais dont le nombre était fort restreint, et l'auteur courtisait peu les organes de la renommée. Il aurait pu attendre encore s'il n'avait eu auprès de lui son fils, M. Louis Puissant, qui, formé à bonne école, particulièrement pour les mathématiques, était entré en 1813 à l'École polytechnique, que la faiblesse de sa vue avait seule empêché de suivre la carrière géodésique, et qui exerçait, comme autrefois M. Lomet, un emploi honorable dans l'administration de la guerre. Le fils n'accepta pas la situation dont son père pouvait sembler menacé. Il fit les premières démarches, et M. Puissant fut obligé de le suivre.

M. de Laplace était naturellement un de ceux qui appréciaient le plus M. Puissant, et plusieurs d'entre nous, messieurs, peuvent se rappeler qu'à l'occasion d'un rapport sur un de ses mémoires de géodésie, l'illustre géomètre prit la parole, et d'une voix faible, mais encore très-nette, fit l'éloge de ses travaux, et donna clairement à entendre qu'il le trouvait digne de faire partie de l'Académie.

M. de Laplace étant mort l'année suivante, on se souvint des paroles de l'illustre vieillard, et, après plus d'une année révolue, le 3 novembre 1828, M. Puissant fut élu à la place demeurée vacante. Ce fut avec un modeste orgueil qu'il vint s'asseoir dans le fauteuil de l'immortel auteur de la *Mécanique céleste*, auquel il disait vingt ans auparavant dans la dédicace de son *Traité de géodésie* : « Mon travail se rattache à » ces hautes questions relatives à la figure de la terre, sur » lesquelles votre génie s'est exercé avec un si étonnant suc- » cès... » On comprend, d'après ces paroles modestes, que l'élection de M. Puissant dans la section de géométrie était un hommage rendu à la fois à Laplace et à lui-même. Oriani était encore au nombre des associés étrangers de l'Académie,

et Legendre était devenu le doyen de la section de géométrie, dans laquelle entrait M. Puissant.

Il aurait eu des droits non moins positifs pour entrer dans la section de géographie et navigation. Mais il n'y avait pas de vacance dans cette dernière, et les trois uniques places dont elle se composait alors étaient occupées par trois navigateurs, ayant fait tous les trois le tour du monde, et représentant trois des grands voyages de circumnavigation qui avaient continué ceux de Cook et de ses contemporains.

On y voyait au premier rang M. Beautemps-Beaupré, qui, dès sa première jeunesse, avait débuté avec éclat dans la carrière hydrographique en prenant part à l'expédition envoyée, en 1791, à la recherche de la Pérouse, sous les ordres de l'amiral d'Entrecasteaux. M. Beautemps-Beaupré était alors chargé de l'exécution de l'Atlas hydrographique des côtes de France, qui lui avait été confiée en 1816, presque au moment où l'on commençait la carte de l'état-major; car il est remarquable de voir, à l'issue de nos grandes guerres, l'esprit français se replier sur lui-même pour perfectionner le développement intérieur de la France. On doit au gouvernement de la restauration la justice de reconnaître qu'il s'associa résolûment à ce mouvement, sous l'impulsion duquel il ordonna le voyage de circumnavigation du capitaine Freycinet, qui lui-même faisait alors partie de la section de géographie et navigation.

On pourrait signaler de nombreux traits de ressemblance entre la carrière de M. Beautemps-Beaupré et celle de M. Puissant. Ils étaient presque contemporains, le premier étant de trois ans seulement l'aîné du second, et, partis l'un et l'autre de la position la moins favorisée de la fortune, ils avaient également le mérite de tout devoir à eux-mêmes. Consommé dans la pratique de l'hydrographie, à laquelle il se livrait encore à un âge qui, pour d'autres, est celui de la vieillesse, M. Beautemps-Beaupré avait introduit, dans le levé des cartes marines, l'emploi d'un principe de la géométrie d'Euclide, *le segment capable d'un angle donné*, dont avant lui on n'avait pas songé à faire usage. Il était cependant moins profond géomètre que M. Puissant, qui s'était consacré surtout à la partie mécanique de la science géographique, ce qui lui donnait une entrée également naturelle dans deux de nos sections.

Sa glorieuse élection redoubla l'ardeur de M. Puissant, et il fit à l'Académie un grand nombre de communications dont plusieurs sont relatives à l'utilité des mesures barométriques et thermométriques dans le calcul des différences de niveau par les distances zénithales, et sur les effets de la réfraction terrestre, dont il s'était déjà occupé dans sa campagne d'Italie. Mais les plus importantes se rapportent à la prolongation de la méridienne de Dunkerque jusqu'à l'île de Formentera, et aux irrégularités du sphéroïde terrestre.

Dans la séance du 2 mai 1836, M. Puissant lut l'extrait d'un mémoire sur une nouvelle détermination de la longueur de l'arc du méridien compris entre Montjouy, l'un des forts de Barcelone, et Formentera, qui fut suivi d'un supplément lu dans la séance du 4 juin 1838, et de plusieurs notes complémentaires. Le mémoire et le supplément sont insérés dans le seizième volume de nos *Mémoires;* ils ont également paru dans la *Description géométrique de la France*, et ils sont analysés dans la troisième édition du *Traité de géodésie*.

Dans le mémoire du 2 mai 1836, M. Puissant rappelait d'abord que, dans le premier volume de la *Description géométrique de la France*, il avait donné tous les triangles que Delambre et Méchain mesurèrent en 1792 et années suivantes, pour déterminer l'arc du méridien de Dunkerque à Montjouy. Il disait ensuite que, dans le second volume, qui serait sous peu livré à l'impression, il avait ajouté, avec non moins de détails, le prolongement de cet arc depuis Montjouy jusqu'à l'île de Formentera, dont la mesure est due en grande partie à MM. Biot et Arago; puis il ajoutait : « Mon but, en cela, a » été de voir comment la France et l'Espagne sont liées géo» désiquement l'une à l'autre, et de quelle manière les grandes » opérations trigonométriques de nos astronomes et de nos » ingénieurs ont concouru au perfectionnement de la géo» graphie de ces deux contrées. Ce second travail m'ayant » facilité le moyen de vérifier, par un procédé à la fois simple » et rigoureux, un des éléments importants du problème » relatif à la figure de la terre, j'ai remarqué, non sans une » grande surprise, que la valeur numérique de cet élément » surpasse réellement de 57 toises celle que les géomètres » ont jusqu'à présent adoptée de confiance; je veux parler » de la distance méridienne de Montjouy à Formentera. »

Dans le supplément lu le 4 juin 1838, M. Puissant eut recours aux formules de la trigonométrie sphéroïdique dues à Legendre, auxquelles il fit subir une transformation qui les rend d'une application beaucoup plus facile, et il trouva qu'en tenant compte de quelques petites quantités qu'il avait d'abord omises, l'erreur signalée devait être portée en nombres ronds à 69 toises.

Soixante-neuf toises, c'est, à quelques toises près, la longueur du *pont des Arts*, et l'on pourrait croire que ce n'est pas une erreur très-préjudiciable à la science que de se tromper de la longueur du pont des Arts sur la mesure de l'arc qui s'étend, sur la surface de la mer, de Barcelone à la petite île de Formentera, perdue dans la Méditerranée, au midi des Baléares; mais les personnes qui s'occupent habituellement de géodésie ne pouvaient prendre la chose avec autant de longanimité. A l'île d'Elbe, MM. Moynet et Puissant s'étaient accordés à une toise près avec une mesure antérieure de M. Tranchot, et, quand on trouve en pareil cas une discordance de plus de 3 ou 4 toises, on soupçonne une erreur, qu'on recherche avec le plus grand soin. Une erreur de 69 toises était une *énormité* qu'on s'étonna, à juste titre, de voir signaler dans la *base du système métrique*, et cette découverte fit naturellement grand bruit.

On se demanda d'abord si M. Puissant ne se serait pas trompé; mais, en examinant dans ses deux mémoires les formules qu'il avait employées et les calculs qu'il avait faits, on n'y put découvrir aucune erreur. On dut alors remonter au calcul primitif de la distance de Montjouy à Formentera.

Les mesures d'angles exécutées par MM. Biot et Arago avaient été remises, en 1808, à une commission du Bureau des longitudes, chargée d'examiner les opérations d'Espagne et d'en calculer les résultats. Les trois membres de cette commission, MM. Bouvard, Mathieu et Burckardt, avaient effectué les calculs chacun de leur côté, et même de manières un peu différentes, et étaient arrivés à des résultats sensiblement concordants, ce qui excluait l'idée d'une faute de calcul.

En 1841, le Bureau des longitudes, ne voulant pas laisser une pareille question en suspens, nomma une nouvelle com-

n composée de M. Mathieu, qui avait fait partie de la ission de 1808, et de MM. Daussy et Largeteau, qui rement MM. Bouvard et Burckardt décédés. Les trois meme la nouvelle commission firent séparément tous les s par des méthodes différentes entre elles et différentes les suivies en 1808, et ils trouvèrent trois résultats qui, tre identiques, différaient très-peu l'un de l'autre, et e différaient pas plus du résultat de M. Puissant qu'ils ne aient entre eux.

Puissant avait donc raison, et il avait trouvé le premier ie valeur de l'arc de la méridienne compris entre les èles de Montjouy et de Formentera.

lui rendant la plus complète justice, la nouvelle comon chercha à découvrir la cause de l'erreur qui s'était e dans le résultat adopté par celle de 1808. Elle trouva ette dernière, cédant à l'immense autorité dont jouislors Delambre, avait appliqué trop docilement une mé nouvelle et perfectionnée, que le savant astronome lui donnée, mais qu'il n'avait pas encore appliquée lui-. Cette méthode aurait été très-bonne pour les triangles méridienne de France, que la méridienne traverse ou n sont très-voisins, mais elle aurait dû être modifiée son application aux triangles d'Espagne. Ceux-ci, en s'éloignant d'abord considérablement de la méridienne, ne la côte elle-même, s'en rapprochaient ensuite en dént presque un demi-cercle pour arriver à Iviza et à Forera, ce qui introduisait une cause de perturbation dont xiste pas d'exemple dans la partie française de la mérine. Il était résulté de là deux erreurs de 100 et de 170 toien sens inverse l'une de l'autre, donnant une différence *toises*, qui était presque identique avec l'erreur de ises que M. Puissant avait signalée.

ıt était donc parfaitement expliqué. Il n'y avait pas eu indre erreur dans les calculs, mais seulement un excès nfiance dans l'illustre astronome qui était alors le pahe de la géodésie.

commission de 1841 fit observer qu'on devait tenir te de la correction effectuée par M. Puissant, dans la mination de l'aplatissement du globe, qui ne pouvait rver la valeur $\frac{1}{309}$, à laquelle on devait préférer désorcelle de $\frac{1}{306}$ que M. Puissant venait de déduire de ses ls; mais elle ajouta que la correction de la distance de jouy à Formentera ne pouvait avoir aucune influence sur gueur du mètre, déduite uniquement de la distance de erque à Montjouy et devenue une mesure légale, qu'on mise de prime abord dans un rapport suffisamment prévec les dimensions du globe terrestre, et qu'on n'avait oir la pensée de retoucher au fur et à mesure des proque les mesures géodésiques pourraient faire et qu'elles t encore pendant longtemps.

ant aux mesures d'angles exécutées en Espagne par Biot et Arago, il est bon de remarquer qu'elles étaient hors de la discussion, dont elles étaient le point de désans en être l'objet, et l'on doit rappeler en outre que eux illustres astronomes étaient restés étrangers au trale la commission de 1808 : M. Biot, parce qu'il ne devait e mêler du travail d'une commission appelée à juger une ition à laquelle il avait concouru, et M. Arago, non-seunt pour le même motif, mais encore parce qu'enlevé, en iant d'Espagne, par un corsaire barbaresque, il avait été u à Bougie et à Alger, et n'était revenu en France qu'en 1809, lorsque le travail de la commission était imprimé, depuis un an, dans la *Connaissance des temps pour l'année* 1810.

J'omettrais ici un point essentiel si je ne disais, avant de finir, quelques mots sur certaines questions de haute géodésie dont M. Puissant s'est beaucoup occupé dans la *Description géométrique de la France*, ainsi que dans la troisième édition de son *Traité de géodésie*, après en avoir fait l'objet d'une communication lue dans la séance de l'Académie du 11 janvier 1836, sous le titre de *Nouvelles remarques sur la comparaison des mesures géodésiques et astronomiques de France.*

Comme je l'ai déjà rappelé, il y a très-souvent un léger désaccord, et un désaccord de la plus profonde signification, entre les mesures astronomiques et les mesures géodésiques par lesquelles on peut déterminer séparément la position d'un point sur la surface du globe.

La *méridienne*, dont j'ai prononcé le nom plusieurs fois, n'est pas absolument la même chose que le *méridien*. On peut distinguer le *méridien astronomique*, formé par l'intersection d'un plan passant par l'axe de rotation du globe avec sa surface ; le *méridien terrestre*, formé par tous les points de la surface de la terre dont le zénith passe au méridien céleste en même temps que celui d'un lieu donné, et la *méridienne géodésique*, qui serait tracée sur la surface du globe par une ligne qui, sans jamais cesser d'être verticale, se mouvrait en se rapprochant ou s'éloignant sans cesse du pôle de rotation de la terre.

On peut distinguer de même le *parallèle astronomique*, le *parallèle terrestre* et le *parallèle géodésique*.

Sur la sphère et sur un sphéroïde de révolution, les trois lignes méridiennes se confondent, et les trois parallèles également ; mais, sur un sphéroïde irrégulier, les trois lignes de chaque dénomination sont sujettes à se séparer, et la quantité dont la troisième se sépare de la seconde peut être considérée comme donnant une mesure de l'irrégularité.

On trouve cette quantité, pour les parallèles, en comparant la latitude astronomique d'un lieu donné, déterminée par les observations astronomiques qui y ont été faites, à sa latitude géodésique calculée d'après la triangulation. La latitude calculée dépend de la valeur de l'aplatissement qu'on a adoptée, et le *Traité de géodésie* contient des formules au moyen desquelles, étant données les latitudes et les longitudes des points d'un réseau de triangles, calculées pour un ellipsoïde régulier dont l'aplatissement est donné, on peut trouver ce que deviennent ces éléments géographiques, lorsqu'on donne une autre valeur à l'aplatissement. Par ce moyen on peut, en général, en faisant une hypothèse convenable sur la valeur de l'aplatissement, faire disparaître le désaccord entre les latitudes calculées et observées pour un point donné, mais pour un seul, et sauf à accroître la discordance pour les autres points.

Dans son mémoire du 11 janvier 1836, M. Puissant fait voir que, soit sur la méridienne de Mézières, soit sur celle de Bayeux, les longueurs des degrés, loin de décroître régulièrement en allant du nord au midi, comme cela doit avoir lieu sur un ellipsoïde aplati, varient irrégulièrement et d'une manière très-différente sur l'une et l'autre méridienne. Ni pour l'une, ni pour l'autre, on ne peut trouver une valeur de l'aplatissement qui fasse disparaître toutes les discordances entre les latitudes observées et les latitudes calculées ; mais, si l'on voulait seulement les atténuer le plus possible,

il faudrait adopter, pour la méridienne de Mézières, un aplatissement très-considérable, et pour la méridienne de Bayeux un aplatissement presque nul. Il est donc bien prouvé, dit M. Puissant, que la surface de la France, dans la partie du moins qui a été explorée géodésiquement, se compose de deux nappes très-distinctes : l'une orientale, qui est celle d'un sphéroïde aplati, l'autre occidentale, qui affecte la forme d'un sphéroïde très-peu aplati et même allongé dans la partie méridionale.

L'aplatissement qui accorde le mieux les latitudes observées et calculées sur la méridienne de Paris ne convient lui-même ni à la méridienne de Mézières ni à celle de Bayeux. De là il résulte que les divers méridiens ne sont pas des ellipses égales entre elles. Si les eaux de la mer recouvraient tranquillement le sol de la France, leur surface, comme le dit M. Puissant, n'y serait pas celle d'un solide de révolution. Les différents méridiens ne sont pas des courbes superposables; les parallèles ne sont pas des cercles parfaits, et la terre est un sphéroïde très-irrégulier.

Ajoutons cependant que les irrégularités sont extrêmement faibles, ce qui les a rendues d'autant plus difficiles à constater. La géodésie est entrée à cet égard dans une série d'observations délicates qui conduira certainement à des résultats très-curieux, mais qui sera d'autant plus longue à parcourir que maintenant, grâce à la télégraphie électrique, la détermination des différences de longitudes astronomiques peut rivaliser avec celle des différences de latitude, ce qui permettra de faire sur les irrégularités des parallèles des observations aussi précises que sur celles des méridiens.

Notre savant confrère, M. Yvon Villarceau, en a déjà indiqué des exemples.

Dans le second volume de la troisième édition du *Traité de géodésie*, qui a paru en 1842, M. Puissant revient souvent sur ces matières, qui ont été probablement le dernier sujet de ses méditations.

M. Puissant, qui a travaillé jusqu'à son dernier jour, était un savant dans la plus pure acception du mot. Indépendamment des importants travaux qui perpétueront sa mémoire, il nous a laissé le souvenir d'un beau et noble caractère. Excellent confrère, aimable et bienveillant dans les relations de la vie, d'une grande simplicité de manières et de caractère, il ne pouvait avoir que des amis, et il en comptait beaucoup, non-seulement dans l'Académie et au Dépôt de la guerre, mais partout où il avait séjourné, notamment à Agen. Il leur donnait souvent des preuves du dévouement le plus désintéressé. Malgré ses nombreuses occupations, se souvenant de son ancien professorat, il devenait souvent le correspondant paternel et attentif des fils qu'ils envoyaient dans les établissements d'instruction de Paris et à l'École polytechnique. Fidèle aux souvenirs de sa jeunesse, il avait témoigné à M. Lomet, jusqu'à sa mort survenue en 1826, la plus filiale reconnaissance.

M. Puissant était d'une taille élevée et d'une constitution robuste. Sa santé bien conservée semblait lui assurer encore de longues années de vie. Sa figure ouverte et pleine de franchise inspirait la confiance et attirait naturellement vers lui. Il parlait peu dans la société, mais il l'embellissait par ses talents. Excellent musicien, il était très-fort sur le violon et sur l'alto.

Cependant, dans ses dernières années surtout, M. Puissant menait une vie très-retirée. La mort prématurée de son fils, décédé en 1836, avait couvert d'un voile funèbre son existence et celle de sa famille. Son intérieur se composait de la veuve de son fils, Mme Louis Puissant, et de ses deux jeunes enfants.

La bonté naturelle de notre excellent confrère le portait quelquefois à répandre autour de lui une gaieté qui ne régnait pas dans son cœur. En septembre 1842, après avoir présenté à l'Académie le dernier volume de son *Traité de géodésie*, il avait voulu conduire ses petits-enfants à la fête de Saint-Cloud. Le malheur voulut qu'ils fussent surpris à l'improviste, dans le parc, par une violente pluie d'orage. On ne put empêcher M. Puissant de donner son parapluie aux enfants et d'ôter son manteau pour les en couvrir. Lui-même, il fut trempé jusqu'aux os. Obligé de rentrer à Paris dans cet état, il fut pris dès le lendemain d'une extinction de voix, qui, malgré les excellents soins de M. Rayer et de M. de Blainville, dégénéra en une phthisie laryngée.

M. Puissant ne s'apercevait pas de la gravité de son mal et n'avait rien changé à ses habitudes. Continuant à aller journellement au Dépôt de la guerre, il s'occupait à préparer une troisième édition de son *Traité de topographie*. Cependant M. de Blainville, qui n'était pas seulement un grand naturaliste, mais encore un excellent médecin et un excellent ami, avait compris son état, état malheureusement sans remède. Il vint le 8 janvier 1843 faire part des inquiétudes qu'il avait conçues à la belle-fille de notre si regrettable confrère, qui le soignait avec toute la tendresse que lui avait léguée le fils qu'ils pleuraient ensemble. Il ne cacha pas à Mme Louis Puissant que, dans la situation où se trouvait son beau-père, il pouvait être enlevé d'un instant à l'autre.

Le pronostic de M. de Blainville ne fut malheureusement que trop justifié. Deux jours après, M. Puissant, qui était encore sorti le matin, dîna avec un peu moins d'appétit seulement qu'à l'ordinaire, mais, après son dîner, il éprouva le besoin de s'étendre sur son lit et il fut obligé de recourir pour s'y placer à l'aide de sa belle-fille, qui était seule près de lui. Il parut s'assoupir et conserva un visage calme et serein, mais au bout de quelque temps on s'aperçut avec effroi qu'il avait cessé de vivre.

Né en 1769, M. Puissant était âgé de soixante-treize ans.

La mort nous surprend toujours, disait M. Flourens, mais jamais surprise n'avait été plus subite que celle-là. Elle fut cruelle pour la famille de notre confrère et vivement sentie par l'Académie.

M. Arago, comme un des vétérans de la géodésie, voulut, contrairement à l'usage, parler lui-même sur la tombe de M. Puissant, et prononça un discours qui, par l'émotion dont il porte l'empreinte et par la beauté du langage, peut être placé au nombre de ceux qui font le plus d'honneur à la noblesse de ses sentiments et à son talent d'écrivain. A la suite d'un résumé substantiel des travaux de M. Puissant, M. Arago ajoutait : « On ne s'étonnera pas que le nom de » géodésie réveille toujours dans la pensée de ceux qui le » prononcent le nom de notre confrère. Ce n'est pas une » petite chose, messieurs, que d'être devenu ainsi en Europe » la personnification d'une belle science. »

Cette science, sans doute, n'était pas tout entière l'ouvrage de M. Puissant ; elle s'était formée par parties successives dans un laps de vingt années, qu'avaient agitées les orages révolutionnaires. Des étincelles du génie de Legendre, de Laplace, de Lagrange, lui avaient donné naissance. Les grands travaux

elambre et Méchain, pour la mesure de la méridienne et ndation du système métrique, en avaient développé la lance; mais il avait été réservé à M. Puissant de for-r le corps de doctrine de la géodésie. S'il n'y avait pas duit des aperçus d'une aussi vive originalité que d'autres ètres qui s'en étaient occupés par intervalles, il en avait la langue par l'élégante simplicité de ses formules, et il vait rendu un service plus signalé encore en en faisant science méthodique et régulière devenue plus facile par gularité même.

tait l'œuvre de toute sa vie, d'une vie laborieuse pleine évouement, d'abnégation, de conquêtes lentes et solides. ffon avait dit : « Le génie, c'est la patience. » M. Puissant ouvé.

pelé à concourir à un but commun avec les plus res géomètres de son époque, il a mérité qu'on répète n honneur les vers de la *Henriade :*

> Turenne, de Condé le dangereux rival,
> Moins brillant, mais plus sage et du moins son égal.

Puissant a été le Turenne de la géodésie.

ÉLIE DE BEAUMONT,
Sénateur, professeur au Collège de France et à l'École des mines.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. JOHN H. BRIDGES
de la Société royale de Londres

De l'influence de la civilisation sur la santé

usseau, résumant la pensée métaphysique absolue des ques révolutionnaires du XVIIIᵉ siècle, affirma que la sation est destructive de la santé et de la morale, et con-à la nécessité de son anéantissement. La philosophie po-, aux prises avec les problèmes sociaux, et reconnaissant les phénomènes de cet ordre sont, comme tous les autres, iables de lois naturelles, cherche à découvrir suivant e loi tend à se développer la civilisation moderne, mment la volonté humaine peut en modifier la marche un sens favorable au progrès moral et physique de l'in-u. De tous les problèmes humains, voilà le plus grand et us sérieux. *On ne doit penser essentiellement qu'à deux s, d'abord la vertu, et puis la santé.* Cette maxime bien ue de Leibnitz aurait pu être placée comme épigraphe te de ce discours.

peut définir la santé, *le maximum d'énergie de chaque e compatible avec l'énergie du tout ;* ou plus simplement, *culté d'exécuter facilement un bon travail quotidien.* rgie ou force se mesure par la somme du travail exécuté. l'état de santé parfaite, il y aura la plus grande éco-e possible des forces vitales, la *synergie* la plus complète nctions, le minimum des pertes par antagonisme des s ou par transformation de forces supérieures en forces ieures. L'orateur développe cette idée en prenant suc-ement trois exemples : digestion bonne ou mauvaise, musculaire maladroit ou habile, sentiment sans frein en conduit. Il montre que, dans la forme imparfaite de l'accomplissement de chacune de ces trois fonctions, il y a gaspillage de forces, c'est-à-dire transformation inutile de la force nervoso-musculaire en force calorifique, par exemple, ou quelque autre force inférieure.

On pourrait encore dire de la santé qu'elle est *la forme la plus parfaite de la vie.* La vie ayant été définie par Auguste Comte l'adaptation constante de l'organisme à son milieu, la santé est l'état dans lequel cette adaptation est aussi complète que possible. Une bonne respiration suppose l'adaptation d'un appareil respiratoire héréditairement sain à une atmosphère parfaitement pure. Une bonne vue implique un mécanisme oculaire parfait, s'adaptant aux propriétés particulières de l'agent lumineux.

Si nous passons de la phase végétale et animale de la vie au mode supérieur qui est spécial à l'homme, la phase *sociale*, nous constatons que la vie sociale repose, comme les autres, sur deux conditions : 1° un cerveau, dans lequel se trouve la capacité héréditaire de recevoir et de transmettre la longue tradition de notre race, ses sentiments, ses pensées, ses actes; 2° un milieu social, fournissant le stimulus approprié qui met en action ces facultés latentes. Ce milieu, c'est la somme résultante de tous les actes humains à travers l'incommensurable passé, somme représentée plus ou moins parfaitement par la société au sein de laquelle nous jette notre destinée. La fonction du cerveau humain, intermédiaire obligé des réactions de la société sur l'individu et de l'individu sur la société, a été comparée par Comte au rôle que joue le placenta entre la mère et l'embryon.

L'orateur a signalé alors l'influence des différents milieux sociaux sur l'individu ; afin de rendre sa pensée plus précise, il est parti d'un seul instinct bien défini, le désir de la louange. Dans certaines sociétés, c'est la bravoure guerrière qui est l'objet de la plus haute admiration; dans d'autres, on lui préfère les services civiques ; dans d'autres, on met l'ascétisme religieux au premier rang. L'instinct que nous considérons va évidemment, dans ces trois sociétés, inspirer des actes de trois ordres entièrement différents. Dans une société comme la nôtre, qui a cessé d'être belliqueuse, qui est trop vieille pour encourager le sens du patriotisme, et qui, par la combinaison de causes diverses, a perdu la foi religieuse, la richesse, c'est-à-dire la possession de la jouissance individuelle, devient l'objet de l'admiration la plus générale. Notre instinct d'*approbativité* va évidemment, dans un pareil milieu, nous inspirer le désir d'acquérir la richesse. Une analyse semblable, partie de nos autres instincts, nous eût amenés au même résultat. Dans une société sans forte foi religieuse, sans principes solides, et douée de pouvoirs nouveaux et extraordinaires sur les forces de la nature, il est inévitable de voir se produire une accumulation prodigieusement rapide de la richesse, accompagnée par une dépense effrénée ; en même temps disparaît le souci de la santé, et la prévoyance du maintien futur de la vigueur de la race.

L'orateur passe ensuite en revue quelques-uns des principaux faits qui expliquent la condition maladive de la vie industrielle moderne.

1° L'accroissement des grandes villes dans le dernier demi-siècle;

2° Le transport en masse dans ces villes des populations des campagnes ;

3° La mortalité des enfants ;

4° La mortalité des adultes à l'âge de la reproduction ;

REVUE
DES
:OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 30 — 26 JUIN 1869

Paris, 25 juin 1869.

Broca a fait devant l'Académie de médecine de Paris un ›rt curieux sur un bras artificiel pour les manchots in- par un médecin d'Indre-et-Loire, M. Gripouilleau.

: appareil est exclusivement destiné aux manchots qui ent la profession agricole... Pendant longtemps les appa- prothétiques des membres supérieurs ont été considérés ne des objets de luxe destinés aux riches. C'est qu'en effet ras artificiels automobiles, c'est-à-dire obéissant à la vo- , ne peuvent développer qu'une force de préhension mé- e, tout à fait insuffisante pour le travail des manœuvres. efois, dans ces dernières années, un inventeur ingénieux, par un sentiment de philanthropie, M. de Beaufort, a si à en simplifier à tel point le mécanisme que ces appa- , ordinairement si dispendieux, peuvent être maintenant à la portée des pauvres. Pour les besoins usuels de la vie, les travaux légers de la main, et généralement pour les ssions qui exigent plus d'adresse que de force, le bras fort rend presque les mêmes services que les bras artifi- compliqués et coûteux. Mais il ne peut servir aux ouvriers ont obligés d'empoigner fortement et de manier avec : et l'autre main des outils lourds et volumineux. Ces der- s indications se trouvent en partie remplies par le bras truit par M. Mathieu pour les charpentiers et les menui- , et par le *bras agricole*, inventé par M. Bonnet, sellier à c (Lot-et-Garonne). Le bras agricole de M. Gripouilleau onstruit sur le même principe que celui de M. Bonnet et le *bras industriel* de M. Mathieu. C'est toujours un levier le adapté, d'une part, sur le moignon et sur l'épaule par noyens déjà connus, et supportant à son autre extrémité armatures métalliques multiples et amovibles destinées à ir les divers instruments de l'agriculture. Mais si le prin- général de construction est le même, les procédés d'ap- ation sont essentiellement différents. Les armatures du Gripouilleau sont moins nombreuses, et, en général, plus bles. Le mécanisme des ajutages, la disposition des char- es, le mode de préhension des instruments, et quelquefois ne jusqu'à la répartition du travail entre le bon bras et le artificiel, tout est conçu et réalisé autrement que sur le Bonnet.

- M. Ad. Wurtz vient de réaliser la transformation de plu- rs carbures aromatiques en acides plus élevés dans la sé- par une méthode qui consiste à introduire directement s le carbure, sinon le groupe carboxyle CO^2H, du moins dérivé éthylé $CO^2 (C^2H^5)$.

— M. P. A. Favre, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, a présenté à l'Académie des sciences de Paris de nouvelles recherches sur l'origine de la chaleur mise en jeu dans les couples voltaïques et qui n'est pas transmissible au circuit.

— L'éruption du 11 novembre 1867, en donnant lieu à la formation d'un cône de 67 mètres, a porté le sommet du Vésuve à l'une des plus grandes hauteurs qu'il ait jamais atteinte depuis qu'on s'occupe de le mesurer. M. Schiavoni, directeur du bureau topographique de Naples, a publié l'an dernier des profils très-intéressants de la forme de ce volcan depuis 1845 jusqu'à 1868. On y voit que, dans ce court espace de temps, non-seulement son sommet a été élevé de 1202 mètres à 1296, mais encore que, par suite des coulées et des divers produits éruptifs rejetés de l'intérieur à l'extérieur, la masse totale de la montagne s'est accrue en tous sens d'une quantité notable. Il est intéressant de savoir combien de temps le Vésuve se maintiendra à cette grande altitude, et c'est ce motif qui a engagé M. Éd. de Verneuil à le mesurer cette année, comme il l'avait déjà fait l'an dernier.

Depuis une année, la hauteur du Vésuve n'a pas sensiblement varié; mais il n'en est pas de même de la forme du sommet qui a été légèrement modifiée.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

SESSION ANNUELLE TENUE A METZ (1).

M. C. WOLF.

L'éclipse totale du 18 août 1868, et la constitution physique du soleil.

Le grand événement astronomique de l'année 1868 a été l'éclipse totale du 18 août. Attendue avec une vive impatience par les savants qui devaient y trouver la confirmation ou le renversement de grandes et belles théories, observée avec un zèle et un bonheur presque sans exemple par les missionnaires de presque toutes les nations de l'Europe, elle a donné des résultats qui marqueront l'année dernière comme une des dates les plus mémorables dans l'histoire physique du soleil.

Au point de vue purement astronomique, une éclipse de soleil même totale n'a plus grand'chose à nous apprendre. Sauf la question non encore résolue du vrai diamètre du soleil,

(1) Séance du 11 mai 1869.

l'observation des moments des contacts ne peut guère donner que la longitude du lieu où l'on observe : les tables astronomiques, grâce à des travaux qu'il ne m'est pas permis de louer devant le président de l'Association, offrent aujourd'hui un degré de précision au moins égal à celui des observations elles-mêmes. C'est donc par les enseignements qu'elle devait nous fournir sur la constitution du soleil que se justifie le haut intérêt accordé à cette éclipse.

Le soleil, vous le savez, est une étoile. Il y a deux ans, j'eus l'honneur de vous entretenir de la constitution générale des corps célestes, et en particulier des étoiles. Vous parler aujourd'hui de la constitution du soleil, c'est continuer, en le précisant et le particularisant, un enseignement que votre bienveillante attention m'a rendu singulièrement facile et agréable. Examinons donc aujourd'hui ce que nous savions du soleil avant le 18 août 1868, ce que l'éclipse nous a appris, ce qu'il nous reste à apprendre.

Mais d'abord, pour bien limiter notre but, pour ne pas nous laisser aller à des espérances que les faits viendraient bientôt heurter et détruire, rappelons-nous que si le soleil est 1 400 000 fois plus gros que la terre, il est situé à 38 millions de lieues de nous ; qu'à peine avec nos plus puissants instruments, pouvons-nous le voir à une distance de 38 000 lieues, si bien qu'à cette distance, des accidents de surface grands comme la France et l'Espagne n'apparaîtraient pas autrement que des points. Rappelons-nous aussi que nous sommes là sur un terrain complétement différent du nôtre, sur un globe dont la densité moyenne ne surpasse guère celle de l'eau, et où la pesanteur à sa surface est vingt-huit fois plus grande que sur la terre. Ainsi dépaysés, ainsi réduits à l'examen lointain d'objets sans analogues sur notre planète, prétendre obtenir du premier coup d'œil des notions satisfaisantes sur la structure de notre grand luminaire, ce serait imiter ce paysan qui, voyant de loin la fumée d'une grande ville, jugea inutile d'approcher davantage, et s'en retourna convaincu qu'il avait une idée nette de son étendue et de la distribution de ses monuments. Et pourtant je me propose de vous faire voir que, grâce aux moyens que la physique a mis à notre disposition, nous pouvons, par l'étude de cette fumée et de ses mouvements, par la nature de la lumière qu'elle réfléchit ou qu'elle émet, arriver à savoir comment et de quel bois se chauffent les habitants de cette cité, comment et de quelles matières est constitué notre soleil. Etude d'autant plus intéressante, qu'une fois faite pour le soleil, elle vaudra pour les étoiles.

Le premier fait qui frappe quand on se livre à l'observation du soleil, c'est l'apparition de taches sur sa surface. Aujourd'hui le fait est admis par tout le monde : il y a des taches sur le soleil n'est plus qu'un adage qui légitime ou excuse nos faiblesses. Mais à l'époque où régnait la doctrine scolastique de l'incorruptibilité des cieux, énoncer une pareille vérité, c'était braver le courroux de l'école. Le père Scheiner, qui la découvrit presque en même temps que Galilée et Fabricius, reçut cette réponse de son provincial : « J'ai lu d'un bout à l'autre les œuvres d'Aristote, et n'y ai rien trouvé de semblable. Allez, mon fils, tenez-vous tranquille, et croyez bien que les taches que vous dites voir sur le soleil sont dans votre lunette ou dans votre œil. » Aujourd'hui, à la tête des plus ardents investigateurs des taches et des phénomènes solaires, nous trouvons un illustre jésuite, le père Secchi, dont j'aurai bien souvent à invoquer l'autorité.

M. Duboscq va nous montrer l'aspect des taches vues p
Galilée sur le soleil, en octobre 1610. Une fois le premi
émoi passé, on se mit à les étudier. On vit qu'elles se dépl
çaient sur le soleil, que ce mouvement était tel qu'il fall
les supposer adhérentes au soleil ; on en conclut la rotati
de ce globe sur lui-même dans un intervalle de vingt-ci
jours environ. On reconnut que la ligne décrite par u
tache variait de forme suivant les mois de l'année, tan
droite, inclinée à l'est ou à l'ouest, tantôt courbe, concave
convexe vers le centre du disque ; on en conclut que l'axe
rotation du soleil est incliné d'à peu près 7 degrés sur l'écli
tique. Puis, on reconnut que les taches se forment rareme
sur l'équateur solaire, qu'elles abondent dans la zone co
prise entre 5 degrés et 30 degrés de latitude australe ou b
réale ; que plus haut elles n'apparaissent pour ainsi dire p
Galilée et le père Scheiner reconnurent tout cela. Mais qu'
tait-ce qu'une tache ? Un nuage, une scorie ? Des planèt
circulant autour du soleil ? Les observateurs ne pouvaie
s'accorder sur ce point. Il faut arriver à 1760 pour obte
sur la structure des taches une première notion précise, m
elle est de la plus haute importance. Wilson (de Glasgo
démontra qu'une tache est une cavité, un trou dans le sol

Voici, réunies sur une même image du soleil, les apparen
successives d'une tache depuis son apparition sur le b
oriental jusqu'à sa sortie. Au centre du disque, elle se mon
formée d'une partie centrale obscure, le *noyau*, et d'une b
dure plus claire, la *pénombre*. Ici cette pénombre entoure
noyau d'une auréole à fort peu près régulière. Vue sur l
bords du soleil, cette tache, par un effet de perspective,
rétrécit ; mais, si elle est appliquée sur la surface du glo
solaire, les parties est et ouest de la pénombre conservero
la même largeur. Au contraire, à son entrée, nous la voyo
bordée à l'est d'une large pénombre ; à la sortie, c'est
l'ouest que la pénombre est la plus large. Wilson en concl
que cette tache a la forme d'un entonnoir dont le fond est
noyau, dont les parois représentent la pénombre. Fait capi
qui nous restera et qui nous permettra de passer rapideme
sur certaines théories. Les images photographiques du sol
en ont donné à M. Warren de la Rue des démonstrations é
dentes : deux vues d'une même tache prises à un jour d'i
tervalle donnent dans le stéréoscope la sensation d'un cre
jouant ainsi dans cet instrument le rôle de deux images d'
même objet prises de deux points de vue légèrement diff
rents. M. Warren de la Rue a pu encore obtenir la photogr
phie d'une tache de grande dimension au moment où el
atteignait le bord du soleil, et cette tache produisait une écha
crure bien marquée sur le bord du disque. Disons enfin q
par une analyse délicate du mouvement des taches, M. Faye
arrivé à démontrer dans ce mouvement une *inégalité*, qui f
qu'au bord oriental une tache marche trop vite, qu'elle marc
trop lentement au bord occidental, et que cette inégalité n'
qu'un effet de perspective, et résulte de ce que nous rappo
tons à la surface extérieure du soleil la position du noyau q
se trouve en réalité au-dessous de cette surface (1).

Les taches sont donc des cavités dans la matière lumineu
du soleil ; mais ces cavités se déforment sans cesse avec u
rapidité parfois surprenante. Nous sommes ainsi conduits
attribuer à cette matière lumineuse, à cette *photosphère*, u

(1) D'après M. Faye, la profondeur de la cavité serait comprise ent
0,005 et 0,009 du rayon solaire.

e analogue à nos nuages mobiles et changeants. Avec n, Bode, W. Herschel et Arago, nous admettrons que la sphère, source de la lumière et de la chaleur solaire, est ouche de nuages incandescents. Et c'est là encore une ı qui nous restera.

s il faut expliquer la noirceur du noyau, du fond des ı. Wilson suppose, et ses successeurs admettent que le est formé d'un corps central, obscur, solide, froid par quent, habitable peut-être, que nous apercevons par les tures de la photosphère. Il faut alors défendre ce globe il du rayonnement des nuages incandescents : Wilson a donc entre eux une seconde couche de nuages, opa- doués d'un pouvoir réflecteur absolu. L'ouverture qui it la tache traverse aussi cette couche protectrice, et la nbre qui entoure le noyau est le résultat de la réflexion lumière sur des parties obscures de la cavité.

ı ce n'est pas tout. Les mesures photométriques d'Arago, Chacornac, du père Secchi, ont fait voir que l'intensité lumière solaire est beaucoup moindre sur les bords centre du disque. Les images photographiques du soleil ent ce fait avec évidence. Ce n'est pas là une qualité sèque de la photosphère, la rotation du soleil nous montre. Il faut donc, pour en rendre compte, en- le globe lumineux d'une atmosphère gazeuse, trans- te, non lumineuse par elle-même, et agissant sur la re comme un écran absorbant. Cette atmosphère s'éten- d'ailleurs jusqu'au globe obscur central, et les deux es de nuages concentriques flotteraient dans ce milieu. xistence de cette atmosphère nous explique encore l'ap- on de ces nombreuses taches lumineuses qu'on aper- r le soleil, particulièrement aux environs et en arrière ches obscures. Ces *facules*, le stéréoscope l'a démontré, es parties surélevées de la photosphère : la lumière es émettent traverse, pour arriver jusqu'à nous, une eur moindre d'atmosphère absorbante ; elles conservent au milieu des régions avoisinantes plus basses, un éclat ninant.

'est pas tout encore. Mais pour que nous soient révélées ticularités de cette atmosphère peu ou point lumineuse, que l'éclat éblouissant de la photosphère nous soit il faut une éclipse totale de soleil. Rare et magnifique cle que je ne puis malheureusement vous promettre, ura pas d'éclipse totale, visible en France, d'ici à la siècle, mais pour lequel on peut bien entreprendre de ns voyages.

eu le bonheur d'être témoin, en Espagne, de la mémo- éclipse du 18 juillet 1860, et je l'ai vue, non pas en ome, condamné à garder l'œil à sa lunette et à ne voir partie du phénomène, mais en simple touriste. Parti ntpellier avec M. Legrand, mon collègue à la Faculté des es, nous rencontrions à Marseille et à Valence MM. Plan- r (de Genève), Lamont (de Munich), Klinkerfuss (de gue), Rumker (de Hambourg), Hase et Bremiker (de Ber- Feilitzch (de Greifswald). C'est dans cette savante et le compagnie que nous atteignîmes Castellon de la Plana. c MM. Rumker et de Feilitzch, nous établîmes notre ob- oire sur la tour du clocher de la cathédrale : c'est là ue Méchain, mort à Castellon, puis plus tard Biot et avaient placé leurs instruments pour les opérations de idienne de France prolongée. Vous le voyez, tout se réu- , souvenirs du passé, attente d'un spectacle unique, pour impressionner vivement l'imagination. Le panorama était magnifique, le ciel sans nuages ; à l'horizon seulement, nous apercevions, sur les montagnes, les traces de cet orage qui devait désespérer les astronomes français et anglais établis à Tarrazona et aux environs. A quelques lieues de nous, le père Secchi au Sanctuaire, et les astronomes espagnols au desierto de las Palmas ; à notre gauche, la mer, et à nos pieds une grande ville avec tous ses bruits et ses voix.

Déjà la lune a mordu le disque du soleil ; l'astre brillant est réduit à un mince croissant. Autour de nous, les bruits ces- saient peu à peu, comme au crépuscule du soir, et le ciel était envahi d'une teinte lugubre, passant par tous les tons du jaune jusqu'au violet, et rendue plus triste encore par les riches couleurs dont s'empourprait la brume à l'horizon : on eût dit que le soleil se couchait aux quatre coins du ciel. Puis partout silence complet, le dernier rayon de soleil venait de disparaître. Et alors, sur nos têtes, comme si un rideau était tiré tout à coup, éclatait dans sa magnificence le splendide spectacle de l'éclipse. Autour du disque de la lune, de la teinte sombre du bronze, une éblouissante couronne d'argent d'où s'élançaient des rayons ou des gloires, en quatre grands jets rectilignes, avec d'autres en forme de lyre. Puis, sur cette couronne, des flammes roses d'une richesse indescriptible de nuance, dont la principale semblait trembler au souffle d'un vent léger. Peu à peu le mouvement de la lune, de l'ouest à l'est, couvrait ces flammes, et, de l'autre côté, découvrait une bordure de perles roses ou de nuages moutonnés, courant tout le long de son disque. Puis, un cri universel sortait à la fois de toutes les poitrines : le soleil avait lancé son premier rayon comme un éclair, l'éclipse était finie.

En présence d'un aussi émouvant spectacle, il faut être astronome pour se résigner à prendre des mesures, à ne rien voir de l'ensemble du phénomène. J'étais venu en simple phy- sicien ; à côté de ma petite lunette, j'avais disposé un polari- scope : tout était fini, quand je me souvins de sa présence. Soyons donc reconnaissants, et donnons un peu de notre ad- miration à ceux qui sacrifient la jouissance d'un si admirable tableau au devoir de nous acquérir quelques connaissances nouvelles.

Voilà, autour du soleil, en dehors de la photosphère, bien des objets nouveaux dont l'existence nous est révélée par une éclipse totale. Et d'abord les flammes roses, les protubérances. Vues pour la première fois par Stannyan, à Berne, en 1706, puis oubliées, elles furent revues et observées surtout lors de la fameuse éclipse de 1842, qui parcourut le sud de la France et le nord de l'Italie. Pour la première fois, sous l'impulsion d'Arago, une éclipse totale fut réellement observée. Mais l'apparition des protubérances surprit presque tous les astro- nomes, qui ne s'étaient pas préparés pour des mesures, et la question ne fut pas résolue. Appartiennent-elles au soleil ? sont-ce des jeux de lumière, des phénomènes de diffraction sur le bord dentelé de la lune ? En 1851, une nouvelle éclipse fut observée en Suède, en Poméranie et en Russie ; elle ne réussit pas encore à rallier les astronomes à une même opi- nion, et plusieurs en revinrent plus persuadés que les protu- bérances étaient dues à l'action diffringente du disque lunaire. Aussi, en 1860, l'élan fut général : Anglais, Français, Alle- mands, Suisses, Italiens, Russes, envahirent l'Espagne et l'Algérie, et s'échelonnèrent le long de la ligne centrale de l'éclipse. Cette fois, la photographie fut mise en jeu : M. War- ren de la Rue, à Rivabellosa, le père Secchi et les astronomes

espagnols, au desierto de las Palmas, obtinrent des vues des diverses phases du phénomène. En même temps MM. Yvon Villarceau et Chacornac, au mont Cayo, mesuraient les hauteurs des protubérances à différents instants.

De la comparaison des tableaux pris en deux endroits différents, de la comparaison des hauteurs d'une même flamme à divers instants, ressortit ce résultat, que les protubérances varient dans le temps et dans l'espace, comme si elles étaient attachées au soleil, et que le mouvement de la lune les couvrit ou les découvrit progressivement. Laissons donc les protubérances au soleil, disait L. Foucault; mais tous n'étaient pas convaincus. Et puis qu'étaient ces protubérances? Des flammes? ou des montagnes, hautes de dix fois le diamètre de la terre? M. Praczmouzki avait fait cette observation importante que leur lumière n'est pas polarisée, argument en faveur de leur existence objective et de leur nature nuageuse ou gazeuse. En outre, on avait vu pendant l'éclipse un amas de matière rose complétement séparé du bord de la lune, et par conséquent du soleil, comme un nuage flottant dans une atmosphère extérieure. Nous sommes donc conduits à admettre dans l'atmosphère absorbante du soleil une nouvelle couche, nuages ou flammes. De plus, les récits de tous les observateurs s'accordaient à dire qu'à la fin de l'éclipse, alors que l'œil, habitué à l'obscurité, est devenu plus sensible, la couche rose se montre en bordure sur tout le contour ouest de la lune. Les nuages roses ne sont donc pas des accidents locaux, mais une couche continue entourant le soleil.

Enfin, restent la couronne et la gloire. Pour cette dernière, laissant de côté la supposition bizarre qu'elle pourrait être due à la réflexion de la lumière solaire sur des amas d'astéroïdes circulant autour et très-près du soleil, je crois qu'on doit l'attribuer uniquement à la réflexion de cette lumière dans notre atmosphère. Elle existe et nous la voyons constamment, mais avec une forme très-régulière; pendant une éclipse, les changements brusques et irréguliers de densité qui se produisent dans l'air, à la séparation du cône d'ombre et de l'espace éclairé, suffisent pour rendre compte, par des réfractions anormales, de la forme irrégulière des rayons.

Mais, pour la couronne, le phénomène est plus complexe. Elle est formée, au moins en grande partie, de lumière réfléchie. M. Praczmouzki a en effet montré que sa lumière est en chaque point polarisée dans un plan passant par le centre du soleil. Mais la réflexion de la lumière dans notre atmosphère ne suffit pas à l'expliquer; elle laisserait en effet un hiatus entre la couronne et le bord de la lune. Pour le remplir, il faut recourir, soit aux anneaux de diffraction observés par Delisle dans les éclipses artificielles, soit à la réflexion de la lumière solaire sur l'atmosphère même du soleil. L'étude de la couronne et de la gloire est un point à recommander aux observateurs des futures éclipses.

L'hypothèse de Wilson, complétée par les données de l'observation, nous amène donc, en résumé, à considérer le soleil comme formé d'un corps central, obscur et froid, enveloppé au delà des limites du disque visible par une atmosphère non lumineuse, dans laquelle flottent d'abord la couche de nuages protecteurs, puis la photosphère, et enfin la matière rose des protubérances. Telle était l'idée qu'on se faisait généralement de la constitution du soleil en 1860, et cette hypothèse semblait avoir reçu une éclatante confirmation d'une expérience célèbre d'Arago, d'où il ressortait que la lumière solaire, même prise près des bords, n'est point polarisée. Or c'est aussi le cas de la lumière de la flamme du gaz ou d'une bougie, tandis que les rayons émis très-obliquement par une sphère solide ou liquide incandescente sont fortement polarisés perpendiculairement au plan d'émission. La photosphère n'est donc ni solide, ni liquide; elle a la constitution d'une flamme éclairante; et cet accord du résultat d'une expérience capitale avec un des points de l'hypothèse de Wilson avait, par une tendance bien naturelle à l'esprit humain, paru confirmer l'ensemble même de l'hypothèse, bien qu'il n'y eût aucune liaison nécessaire entre ses diverses parties.

Cependant l'assentiment n'était pas universel. Saigey, un des premiers, avait fait remarquer combien il était difficile d'admettre, au sein d'une enveloppe incandescente, l'existence d'un corps toujours froid et obscur. La présence de ce corps n'était d'ailleurs nécessitée que par la noirceur du fond des taches; or, cette obscurité est loin d'être absolue. Lorsque dans des circonstances avidement attendues par les astronomes, Mercure ou Vénus viennent à passer devant le disque du soleil, l'intensité de l'ombre derrière la planète est quatre ou cinq fois plus forte que l'obscurité du fond d'une tache. Le noyau d'une tache n'est donc pas noir, il ne paraît tel que relativement à l'éclat éblouissant de la photosphère.

Mais il est un fait autrement important dont la science, jusqu'alors, n'avait pu rendre compte, je veux dire ces raies noires si nombreuses dont est sillonné le spectre solaire. Tandis que la lumière d'un corps solide ou liquide incandescent, de la flamme du gaz ou d'une bougie, analysée au moyen d'un prisme, donne un spectre où toutes les nuances se fondent l'une dans l'autre sans solution de continuité, la photosphère, qu'avec Arago nous avons assimilée à cette flamme, émet des rayons qui, étalés en spectre, sont séparés les uns des autres par des lignes noires, irrégulièrement distribuées, très-abondantes et très-larges vers le violet, moins nombreuses et moins sombres, en général, vers le rouge. D'où naissent ces raies? Cette discontinuité du spectre est-elle une qualité intrinsèque de la lumière solaire, qui se différencierait ainsi de celle de toutes les autres sources artificielles?

Vous n'avez pas oublié comment, dans les premiers mois de l'année 1860, deux éminents professeurs de Heidelberg, MM. Bunsen et Kirchhoff, donnèrent, au grand étonnement du monde savant, la solution de cette question, et en même temps firent connaître une admirable méthode d'analyse qui allait nous révéler le secret de la nature chimique des astres. Une seule expérience, dont la première idée est due à notre regretté L. Foucault, va nous expliquer le principe de cette féconde théorie. Voici sur cet écran le spectre de la lumière des charbons rendus incandescents par le passage du courant électrique; il est parfaitement continu du rouge jusqu'au violet. Maintenant M. Duboscq va déposer sur le charbon inférieur un globule de sodium. Ce corps fond, se volatilise et enveloppe la source de lumière d'une atmosphère très-dense de vapeurs. Aussitôt vous voyez apparaître dans le spectre une bande noire à la limite du jaune et de l'orangé. Ainsi enveloppez un corps solide ou liquide incandescent d'une vapeur absorbante, et voilà que des raies noires apparaissent dans le spectre de la lumière de ce corps. Mais ce n'est pas tout. Peu à peu l'excès de vapeur de sodium a disparu, il n'en reste plus que la petite portion qui se trouve portée à une vive incandescence dans l'arc voltaïque; et si nous écartons les charbons pour laisser prédominer la lumière de l'arc, à la place même de la bande noire, vous voyez apparaître une

brillante. Ainsi cette lumière jaune orangée que la va-
du sodium absorbe et éteint quand elle agit comme
phère, c'est la lumière qu'elle émet lorsqu'elle agit
o source lumineuse.

enons maintenant au soleil. Parmi toutes les raies noires
llonnent son spectre, il en est une qui, par sa position,
pect, est identique avec la ligne noire que vient de pro-
la vapeur de sodium. Avec Kirchhoff, nous expliquerons
, en disant que la lumière solaire nous vient d'un corps
ou liquide incandescent, en traversant une atmosphère
eur de sodium. Il y a du sodium dans le soleil.

tinuant cette étude, au sodium nous substituerons le
nous trouverons cette fois non plus une, mais des cen-
de raies noires produites par la vapeur de ce métal. Or,
ces raies, Kirchhoff, puis van der Willigen et Angstroem,
t retrouvées dans le spectre solaire. Il y a donc du fer,
grande abondance, dans l'atmosphère du soleil.

ude des lignes du spectre a fait ainsi reconnaître dans
re la présence d'environ seize des corps simples qui
sent notre terre. Appliquée aux étoiles, cette même
de nous a permis d'admettre comme extrêmement pro-
l'identité des matériaux constitutifs de tous les corps de
système sidéral. Magnifique résultat, en présence du-
l était bien permis d'oublier un instant que la constitu-
a soleil, telle que la concevait M. Kirchhoff, était en con-
tion avec bien des faits connus. Au lieu de la multipli-
es enveloppes concentriques dont Wilson avait composé
eil, Kirchhoff n'y voit plus que deux parties essentielles,
obe central liquide ou solide, à une température extrê-
ent élevée, source de chaleur et de lumière, et autour
l'enveloppe des vapeurs qu'il émet, atmosphère absor-
plus froide que lui-même, peu lumineuse et cause des
noires du spectre. Les taches solaires sont alors pro-
par des nuages opaques flottant dans cette atmosphère.
hypothèse, il faut l'avouer, faisait trop bon marché des
rations de Wilson et de ses successeurs sur la profondeur
ches, de l'expérience d'Arago sur l'absence de polari-
de la lumière solaire. L'existence d'un corps solide ou
e s'accordait mal avec la densité connue du soleil ; mais
yse spectrale qui, par une réaction trop marquée contre
hypothèse compliquée, nous a lancés dans l'excès con-
, va bientôt elle-même nous ramener à des idées plus
.

dant que les physiciens faisaient une heureuse incur-
lans le domaine de l'astronomie, montrant ainsi quels
rs cette science doit attendre de l'emploi des méthodes
instruments de la physique, les astronomes avaient re-
vec une nouvelle ardeur l'examen du soleil. MM. Car-
n, Spœrer, R. Wolf, Chacornac, le père Secchi, Dawes,
yth, W. de la Rue, les astronomes de Kew, étudiaient la
raphie de la photosphère. De l'ensemble des dessins et
hotographies résulte ce premier fait, que la surface du
est extrêmement accidentée : ici des trous, là des suré-
ons, partout des amas de matière lumineuse séparés par
tervalles plus noirs. Cette texture réticulée ou poin-
de la photosphère, qui lui donne l'apparence d'une
de papier saupoudrée de grains de riz (Dawes), devient
t très-marquée autour et dans l'intérieur des taches.
matière photosphérique s'étire, s'allonge en langues de
uilles de saule de Nasmyth) qui semblent s'engouffrer
la cavité des taches. Parfois ces langues, en s'enchevê-
trant, forment des ponts qui franchissent le précipice. La pé-
nombre n'est plus que la portion d'une tache où la matière
lumineuse, s'allongeant en traits brillants sur le fond noir,
donne avec ce fond, dans un instrument trop faible pour ré-
soudre les détails, un degré d'éclairement intermédiaire.

Mais ce qui frappe surtout, c'est la rapidité des changements, des bouleversements qui surviennent sans cesse. En quelques jours, une tache naît et disparaît ; en quelques heures, elle se transforme à devenir méconnaissable. La photosphère n'est donc pas une surface solide ni même un océan liquide, dont la surface nous paraîtrait toujours unie, quelque hauteur démesurée que nous puissions attribuer à ses vagues. C'est, comme l'a dit Wilson, une sphère de nuages lumineux, soumis aux mêmes caprices que les nuages de notre atmosphère. Et alors la discorde cesse entre la théorie de Kirchhoff et l'expérience d'Arago. Un nuage, formé de particules solides ou liquides incandescentes, donne un spectre continu, et sa lumière n'est pas polarisée même sous une incidence très-oblique. Voilà donc un point confirmé par tous les faits et définitivement acquis : la photosphère est de nature nuageuse.

Comment se forme cette photosphère? Qu'y a-t-il à l'intérieur de cette enveloppe brillante ?

Nous devons, pour expliquer le soleil, nous rappeler qu'il n'est pas seul dans l'univers, qu'il n'est qu'un membre de l'innombrable famille des étoiles. Cette parenté, l'astronomie pure l'avait entrevue ; elle avait reconnu que les lois de la gravitation auxquelles obéissent le soleil et ses planètes régissent aussi les mouvements des étoiles les unes autour des autres. L'analyse spectrale l'a démontrée. Mais, au delà des étoiles il y a les nébuleuses, autour des étoiles des planètes : n'existe-t-il aucun lien entre ces différents corps? Les nébuleuses sont des amas gazeux, l'analyse de leur lumière nous l'a appris ; notre terre a été jadis un globe en fusion, la géologie nous le démontre, et les dernières objections contre le feu central ont été heureusement levées. Enfin les étoiles variables nous ont offert des phénomènes qui les rapprochent tantôt des nébuleuses, tantôt des planètes, et partout nous avons retrouvé les mêmes éléments qui constituent notre terre. L'analyse spectrale a donc donné une base à l'hypothèse cosmogonique de Kant et de Laplace.

Il y a deux ans, je vous ai entretenus de ces transformations possibles ; je vous ai montré les nébuleuses, les étoiles, les planètes et les lunes comme les termes successifs du développement d'un même corps : magnifique roman de l'astronomie, aussi poétique qu'aucune conception des anciens sur l'harmonie des cieux, et bien plus propre à nous faire sentir et admirer la grandeur et la puissance de Dieu dans la magnificence et l'unité de son œuvre ! Je vous ai montré surtout comment cette hypothèse peut rendre compte de l'immense quantité de chaleur accumulée dans les étoiles. Aujourd'hui il faut nous borner à la phase *soleil;* tout ce que nous trouverons dans notre hypothèse de concordant avec les faits sera un nouvel appui apporté à l'ensemble de la théorie.

Nous considérerons donc avec M. Faye, qui le premier a exposé ces nouvelles idées d'une manière complète, l'intérieur du soleil comme une masse gazeuse portée à un degré de température tellement élevé, que tous les corps y sont non-seulement en vapeur, mais à un état où la combinaison chimique devient impossible. Dans cette masse, qui formait primitivement la nébuleuse solaire, la surface s'est refroidie

par rayonnement et est arrivée à une température assez basse pour que la combinaison et la condensation puissent avoir lieu. Ce sont les produits nuageux de ces combinaisons et de ces condensations, analogues par leur texture, mais non par leur qualité ni leur température, à nos nuages d'eau et de glace, qui, doués d'un pouvoir rayonnant que n'ont pas les gaz, deviennent la source de lumière et de chaleur, exactement comme dans la flamme du gaz de l'éclairage, les particules de charbon rendues incandescentes par la combustion. Puis, comme les nuages dans notre atmosphère, ces nuages solaires, par leur poids, tombent vers le centre du soleil, atteignent des couches où la température est plus élevée et retournent à l'état de gaz simples. Nous avons donc dans le soleil, au-dessous des nuages eux-mêmes, des pluies, des neiges, non pas d'eau et de glace, mais de métaux fondus, peut-être de carbone liquéfié et incandescent. Et de même que dans les pays de montagnes, un nuage donne de la neige sur les sommets, de la pluie sur les flancs, et quelquefois rien dans la vallée; de même les nuages solaires se résolvent en neige, plus bas en pluie, et plus bas encore retournent en vapeurs.

Mais de tels déplacements, condensations, évaporations, ne peuvent se produire sans qu'il en résulte dans l'atmosphère solaire des courants d'une énergie en rapport avec les différences énormes de température des diverses régions. En vertu de ces courants, sur la direction et les effets desquels nous allons avoir à revenir, l'intérieur du soleil, c'est-à-dire cette masse de gaz dont le volume est 1 400 000 fois celui de la terre, dont la densité moyenne est celle de l'eau, est tout entière mise à contribution pour fournir à l'incessant rayonnement de chaleur et de lumière dont le soleil inonde l'espace. Et ce n'est pas un des caractères les moins probants de l'hypothèse de M. Faye que d'avoir pu répondre ainsi à la question depuis si longtemps posée et toujours sans réponse : Quelle est la source de la chaleur solaire ? Combien de temps le soleil pourra-t-il nous chauffer encore ? S'il est vrai que le soleil d'aujourd'hui soit le résultat de la condensation progressive d'une nébuleuse dont les limites s'étendaient à l'origine au delà de Neptune, si le soleil d'aujourd'hui est cette masse de gaz dont je vous disais tout à l'heure les dimensions, le poids et l'incalculable température, nous pouvons, avec Helmholtz, être rassurés sur le sort de nos petits-enfants : si Dieu leur prête vie, le soleil les chauffera encore pendant des millions d'années.

Dans cette manière de concevoir la constitution du soleil, ce grand corps se réduit à trois parties essentielles : la nébuleuse intérieure, la photosphère et l'atmosphère absorbante, formée de l'ensemble des gaz et vapeurs qui n'ont pas subi la condensation. Les facules sont les parties surélevées de la photosphère ; les taches sont des ouvertures dans la couche nuageuse, à travers lesquelles nous apercevons la masse gazeuse intérieure, très-chaude, mais peu lumineuse. Mais cette explication du fond noir des taches a été vivement attaquée et par M. Kirchhoff et par les astronomes de Kew. S'il est vrai que la masse intérieure soit douée d'un faible pouvoir émissif, si elle est peu lumineuse, par cela même elle absorbe peu, elle est donc transparente; et à travers toute son épaisseur, l'œil qui, par l'ouverture de la photosphère, plonge dans l'intérieur du soleil, apercevra la paroi opposée de cette photosphère : l'ouverture n'aura donc pas l'apparence d'une tache sombre. Bien qu'il n'ait pas été répondu d'une manière bien nette à cette objection, je me hasarde à vous dire que je ne

la tiens pas pour très-sérieuse. Elle me paraît une ap
tion exagérée du principe de l'égalité des pouvoirs émis
absorbant. Ici nous devons tenir compte non-seuleme
la quantité de chaleur et de lumière émise et reçue,
aussi de la qualité des rayons. Le gaz reçoit de la photos
une quantité de mouvement vibratoire égale à celle
émet, mais il reçoit de la lumière et renvoie des r
obscurs. Il faut remarquer de plus que ces derniers r
sont absorbés très-facilement par l'atmosphère extérieu
soleil et aussi par notre atmosphère : nous ne pouvons
pas nous étonner que, dans ces conditions, le fond des t
soit peu lumineux, et qu'il semble même émettre moi
chaleur que les parties avoisinantes, comme il résulte
expériences thermoscopiques du père Secchi.

A ce premier sujet de querelles se rattache un très-vif
entre les astronomes anglais et M. Faye, touchant le mo
production des taches. Pour M. Faye, la chute continuel
la photosphère vers le centre du soleil engendre des co
courants ascendants très-chauds, qui d'abord soulèven
nuages, et produisent ces facules, signes précurseur
taches, puis dissolvant les matières condensées, forment
verture de la tache. Cette ouverture est donc une sor
cratère par où se déverse dans les régions supérieure
photosphère une colonne de vapeurs saturées. Mais, ven
l'intérieur, ces matières ont une vitesse absolue de rot
moins rapide que les couches dans lesquelles elles arriv
elles se renversent donc en arrière du cratère qui les
mies, et là, en se condensant, elles forment les facule
l'observation montre presque constamment à la suite
taches.

Pour les astronomes de Kew, le mécanisme de la form
des taches est exactement inverse. Une tache n'est plu
cratère, siége d'une éruption de gaz chauds : c'est la r
où *un courant descendant froid déprime, refroidit et étei*
photosphère. D'après M. Faye, une tache rayonne peu d
mière parce qu'elle est plus chaude; les observateurs an
attribuent son moindre éclat à ce qu'elle est plus froid
est difficile de trouver deux opinions plus contradicto
Examinons donc rapidement les raisons qui combattent
l'une ou pour l'autre.

Dans l'une comme dans l'autre hypothèse, la position
facules en arrière des taches s'explique aisément. Elles
toujours produites par un courant ascendant dont le som
reste en arrière des régions supérieures qu'il atteint. De
si la tache est produite par un courant descendant, elle
avoir un mouvement propre dans le sens de la rotation
c'est, en effet, ce qui résulte des nombreuses observation
M. Carrington. Mais nous allons voir que l'hypothèse du
rant ascendant permettra aussi d'expliquer ce mouvem
C'est donc surtout dans l'étude physique des taches que
astronomes anglais peuvent trouver la confirmation de
théorie : ils ont vu, en effet, les nuages photosphéri
aux environs d'une tache se précipiter, s'engouffrer dan
cavité. Mais remarquons que, pour une tache centrale
moins, l'apparence serait exactement la même si ces nu
étaient transportés de bas en haut par une éruption. Bien p
un mouvement réel des nuages de haut en bas peut résul
de l'éruption gazeuse : c'est le phénomène du remous
s'observe constamment lorsqu'un courant d'air violent v
déboucher au milieu d'une atmosphère calme. Mais
observateurs ont été plus loin : M. Lockyer a vu distinctem

les langues de feu, les feuilles de saule, s'éteindre et s'assombrir dans une tache tout en conservant leur forme. Espérons que la photographie solaire, seul témoin impartial dans cette délicate question, nous fournira les éléments nécessaires pour la résoudre. Tout à l'heure nous allons trouver d'autres faits; mais, dès maintenant, il est une base sur laquelle nous pouvons appuyer notre jugement. Les deux hypothèses supposent des courants dans l'atmosphère solaire; ces courants, il faut les expliquer. Quelle est des deux explications celle qui se présente avec le plus haut degré de probabilité ?

Pour M. Faye, la cause des courants est interne : c'est la chute incessante de la photosphère vers le soleil, en vertu même de sa pesanteur, qui engendre les contre-courants ascendants. Les Anglais semblent laisser de côté cette cause puissante de perturbation; le rayonnement énergique de la surface des nuages photosphériques, le refroidissement qui en est la suite et qui se communique à l'atmosphère en contact; en un mot, un phénomène analogue à celui que produit la rosée sur les lieux découverts, voilà pour eux la cause d'une multitude de petits courants descendants, qui sont accompagnés d'autant de courants ascendants, d'où l'aspect pointillé de la surface solaire. Mais comment ces petits courants généraux prennent-ils, par occasion, des dimensions exagérées en se localisant de manière à produire des taches? C'est à l'extérieur du soleil qu'il faut en chercher la cause.

Les observations de M. Schwabe (de Dessau), de M. R. Wolf (de Zurich), ont fait reconnaître, dans l'apparition des taches, une période de onze années onze centièmes, pendant laquelle le nombre et l'étendue des taches passent par un maximum et un minimum. Sur cette période principale semblent se greffer des périodes plus courtes d'obscurcissement et de plus grand éclat du soleil : le soleil, en un mot, est une étoile variable dont la variation se produit en 11,11 années. Or, autour du soleil, circule une grosse planète, Jupiter, qui fait sa révolution presque dans le même temps, 11 ans 86 centièmes. Par une action assez difficile à comprendre, soit en agissant comme un écran, à la manière d'un abri au-dessous duquel ne se produit pas la rosée, soit en produisant des marées atmosphériques sur le soleil, Jupiter, au moment du périhélie, empêcherait ou diminuerait le rayonnement de la photosphère. De là une inégalité de température dans les différents points de la masse solaire, de là des courants descendants plus énergiques, et par suite des taches. Vénus et Mercure pourraient, au dire des astronomes anglais, produire un semblable effet; de telle sorte que les configurations des planètes permettraient de tirer à chaque instant l'horoscope des taches solaires.

A ces aperçus fondés sur des observations d'un haut intérêt, sans doute, mais dont les matériaux ne seront probablement utilisés que par nos arrière-neveux, je préfère, je l'avoue, l'hypothèse de M. Faye. Mais elle ne suffit pas. Pourquoi cette périodicité des taches? Pourquoi les taches sont-elles distribuées de part et d'autre de l'équateur solaire, à des latitudes qui ne dépassent pas 30 ou 35 degrés ? Pourquoi, enfin, les taches ont-elles sur la surface solaire des mouvements propres dont M. Faye lui-même paraît avoir démêlé la loi, et en vertu desquels elles oscilleraient à la fois en longitude et en latitude, de manière à décrire des ellipses ?

A toutes ces questions nous trouvons une ébauche de réponse dans un mémoire très-intéressant de M. Stoney, secrétaire de l'Université de la reine à Dublin. Je regrette de ne pouvoir lui emprunter que ce passage, parmi une foule d'aperçus très-fins dont il est rempli.

Il est impossible que, dans l'atmosphère qui enveloppe la photosphère, aussi bien qu'au-dessous de cette couche lumineuse, il n'existe pas des courants réguliers, des vents alizés solaires. En effet, par suite du mouvement de rotation du soleil, bien que la forme de la photosphère n'en soit pas influencée, on peut croire que l'atmosphère extérieure est moins épaisse aux pôles qu'à l'équateur; d'où il suivra que la photosphère se refroidira plus aisément aux pôles, et tel est en effet le résultat expérimental obtenu par le père Secchi. Mais cette déperdition de chaleur se faisant à travers et par l'atmosphère elle-même, on en déduit que les hautes régions de celle-ci sont plus chaudes aux pôles qu'à l'équateur. Par conséquent, un courant inférieur s'établira sur la surface de la photosphère de l'équateur vers les pôles, un courant supérieur des pôles vers l'équateur. Tenez compte maintenant de la rotation du soleil, vous aurez deux courants qui s'inclineront, deux vents qui, dans l'hémisphère boréal, souffleront, l'inférieur du sud-est, le supérieur du nord-ouest. Les premiers, en même temps, tournant plus vite que la photosphère, ont une tendance à s'élever; les seconds ont une tendance à tomber, d'où entrecroisement des deux courants à une certaine latitude. De là des cyclones dans une région presque constante du soleil; de là apparition des taches, et aussi transport de ces taches dans un sens déterminé.

Mais pourquoi la périodicité des taches ? Ici il faut bien avoir recours à une cause externe. M. Stoney en indique une possible. L'observation nous a appris l'existence, dans le système planétaire, d'un très-grand nombre d'essaims d'astéroïdes qui, circulant dans des orbites bien déterminées, rencontrent la terre à des époques fixes et produisent les flux périodiques d'étoiles filantes. Eh bien, autour du soleil, supposez un pareil essaim, dont la distance périhélie soit très-petite, l'aphélie assez grande pour qu'il aille passer à la distance de Saturne. Depuis le jour où Saturne les a fixés dans notre système, ces astéroïdes viennent tous les onze ans frôler l'atmosphère du soleil; ou plutôt comme, par l'action même du soleil, l'essaim s'étire et s'allonge le long de son orbite, pendant un certain temps des étoiles filantes traversent les hautes régions de l'atmosphère solaire et les réchauffent, pendant un autre intervalle ce réchauffement fait défaut. D'où une cause capable de troubler la régularité des courants et de produire la périodicité des taches. De plus, à moins que le grand axe de l'orbite ne coïncide avec l'intersection de son plan et de l'équateur solaire, l'action sera plus grande sur un hémisphère que sur l'autre, d'où la plus grande fréquence des taches constatée dans l'hémisphère boréal.

Vous voyez que les astronomes ne restent jamais à court d'hypothèses. Toujours est-il que celle de M. Stoney, dont je n'ai pu que vous esquisser les grands traits, se recommande à priori par un air de vraisemblance qu'il est bien difficile d'accorder au même degré à la théorie de l'influence planétaire.

Nous arrivons à une date désormais célèbre dans l'histoire du soleil, à l'éclipse totale du 18 juillet 1868. Cette éclipse, par sa durée, qui, en certains points, atteignait plus de six minutes, nous offrait une occasion unique de résoudre des problèmes que l'observation continue du soleil ne savait pas encore attaquer. Je vous ai dit comment pendant une éclipse totale il devient possible d'observer l'atmosphère peu lumi-

neuse qui enveloppe le soleil. Or, sur cette couche de gaz, une grave question était pendante. C'est dans cette atmosphère que la théorie de Kirchhoff place le phénomène d'absorption qui produit les raies noires du spectre solaire. Si cela est vrai, et si elle est extérieure à la photosphère, si elle possède une épaisseur un peu considérable, l'analyse de la lumière rose qui borde le disque lunaire au moment de la totalité devra nous offrir le spectre solaire renversé, c'est-à-dire dans toute l'étendue du spectre, ombre là où se trouve ordinairement de la lumière, lumière là où se trouvent les lignes noires, un spectre de lignes brillantes.

Déjà, nous devons le remarquer, des études très-fines de M. Stoney sur la distribution des gaz dans cette atmosphère, il résultait que les choses ne devaient pas se passer tout à fait ainsi. La théorie, appuyée sur la considération que dans le spectre solaire l'intensité des lignes noires n'est pas partout la même, lui avait fait admettre que les hautes régions de cette atmosphère devaient contenir seulement les gaz les plus légers, tels que l'hydrogène, tandis que les vapeurs de fer, beaucoup plus denses, restaient mêlées aux nuages photosphériques eux-mêmes. Dans ce cas, le spectre des protubérances, celui de l'atmosphère extérieure, ne devaient présenter que les lignes brillantes de ces vapeurs légères.

Une observation faite par tous les physiciens et confirmée par M. Janssen, à Trani, pendant l'éclipse annulaire du 6 mars 1867, faisait pressentir le même résultat. C'est l'identité du spectre de la lumière solaire, qu'elle vienne du bord ou du centre. Les lignes noires ne se renforçant pas quand la lumière nous arrive obliquement des bords du soleil, il en fallait conclure que l'atmosphère absorbante traversée n'a pas plus d'épaisseur dans un cas que dans l'autre, c'est-à-dire qu'elle ne s'élève pas sensiblement au-dessus de la photosphère.

N'oublions pas non plus que l'éclipse d'Espagne n'avait pas encore démontré pour tous les astronomes que les protubérances sont des dépendances réelles du soleil; que pour les savants convaincus de la réalité de ces singuliers appendices, elle laissait indécise la question de leur nature, flammes ou nuages, lambeaux projetés ou détachés de l'atmosphère solaire, ou condensations flottantes dans cette atmosphère. Les efforts des observateurs de l'éclipse du 18 juillet devaient donc se concentrer sur les problèmes suivants : Quelle est l'étendue de l'atmosphère absorbante du soleil ? Quelle est la nature des protubérances ?

La ligne centrale de l'éclipse partait de cette région de l'Abyssinie où le Nil Blanc commence à couler vers le nord, dans les environs de la célèbre forteresse de Magdala; pour les habitants de ce pays, le soleil se levait éclipsé par la lune. A Aden, le phénomène commençait à être observable, bien que le soleil fût encore peu élevé au-dessus de l'horizon, et que la durée de la phase principale ne fût que de trois minutes. Là s'étaient établis, avec le concours des officiers anglais, les astronomes autrichiens, MM. Weiss, Oppolzer et le lieutenant Riha, déjà connu par l'observation d'une protubérance pendant l'éclipse annulaire de 1866, et, avec eux, les photographes de l'expédition prussienne, MM. Vogel et Fritzch.

Traversant ensuite la mer d'Oman, la ligne de l'éclipse abordait l'Hindoustan un peu au-dessus de Goa. C'est dans cette presqu'île que les Anglais avaient concentré leurs forces. A Jamkandi se trouvait le lieutenant Alex. Herschel, muni des instruments fournis par la Société Royale, et assisté du lieutenant Campbell. Le capitaine Haig s'était rendu à Beejapoor; M. Chambers à Mongoli; enfin, le major Tennant, chargé de l'observation par le gouvernement des Indes, s'était établi à Guntoor, avec le capitaine Branfill et un détachement de sapeurs. En outre, les astronomes prussiens, MM. Tietjen, Engelmann et Spœrer occupaient Moolwar, un peu au sud de Beejapoor; et M. Janssen avait installé à Guntoor les instruments fournis par le Bureau des longitudes et l'Académie des sciences. La durée de l'éclipse totale atteignait là cinq minutes quarante-sept secondes.

Le maximum de durée, six minutes quarante-six secondes, correspondait au milieu du golfe de Siam, non loin de nos possessions de Cochinchine. Mais il n'y avait pas à songer à envoyer nos astronomes camper dans les palétuviers de la pointe du Cambodge, au milieu de populations hostiles. Après de longues hésitations, l'Observatoire impérial choisit pour station le point où la côte est de la presqu'île de Malacca était coupée par la ligne centrale. Une considération importante avait déterminé ce choix. Le phénomène devait se produire en pleine mousson de sud-ouest, saison des pluies pour tous ces parages : pour s'assurer les plus grandes chances de beau temps, et elles étaient bien faibles, il était nécessaire d'abriter la station derrière des montagnes assez élevées pour arrêter les vents du sud-ouest : les monts de Kow-luen, qui forment l'arête de la presqu'île, paraissaient offrir cet abri. C'est sur la plage déserte de Whatonne que le transport *la Sarthe*, sous le commandement de M. Letourneur, débarqua MM. Stephan, Rayet et Tisserand de l'Observatoire de Paris, auxquels s'étaient joints plusieurs officiers de marine, M. Hatt, ingénieur-hydrographe à Saïgon, et M. Pierre, directeur du jardin botanique de cette ville. Le roi de Siam, qui se piquait de connaissances astronomiques, avait voulu venir en personne observer l'éclipse, et peut-être aussi surveiller notre invasion scientifique dans ses États. Par ses ordres, des palais de bambous avaient été construits pour l'expédition ; lui-même s'était établi sur la plage, pendant que ses quinze bateaux à vapeur, avec le transport français et un steamer anglais animaient la mer ordinairement aussi déserte que le rivage lui-même. Mais la station de Whatonne était située sous le vent de marécages perfides, et nos observateurs ont payé par de longs mois de fièvres intenses l'honneur d'avoir pu obtenir sur les phénomènes de l'éclipse les résultats les plus complets. Dès le 19 juillet, ils étaient forcés de fuir ce rivage inhospitalier.

Plus loin, au cap Barram, sur la côte nord-ouest de Bornéo, l'éclipse fut observée par M. Pope Hennessy, gouverneur de la station anglaise de Labouan, et le capitaine Reed. — M. Oudemans, à qui l'on doit la triangulation des îles hollandaises, s'était porté à l'île Mantawalu, dans le golfe de Tomini, sur la côte est de Célèbes, où il rencontrait des marins anglais et des Espagnols venus de Manille. Enfin, des officiers de la marine hollandaise postés à Gorontalo et à Amboine terminaient cette chaîne imposante d'observateurs de toutes les nations européennes.

Aux observations physiques, l'expédition française de Whatonne devait joindre les déterminations des moments des contacts pour en déduire la longitude de la station, et par suite celle de notre colonie de Saïgon. M. Oudemans, de son côté, avait un grand intérêt à vérifier par l'observation de l'éclipse les longitudes déterminées par lui dans toutes les îles malaises. Ces opérations ont eu tout le succès désirable.

e 22 août, M. le maréchal Vaillant, président du Bureau
ngitudes, recevait de M. Janssen la dépêche suivante :
pse observée, spectre des protubérances très-remar-
, particularités inattendues, protubérances de nature
e. » Quelques jours après, nous avions des nouvelles de
s missionnaires ; presque partout l'éclipse avait pu être
ée dans des conditions plus ou moins favorables. Exa-
s-en les résultats.

étudierons d'abord la forme, la position et les varia-
es protubérances. Et pour cela nous avons à notre dis-
n les photographies obtenues à Aden par le docteur
et à Guntoor par les sapeurs du major Tennant (1), les
s micrométriques prises à Aden, Moolwar, Whatonne et
alu des longueurs successives d'une même protubé-
enfin les dessins exécutés par les officiers du steamer
Rangoon, qui se trouvait en pleine mer sur la ligne
e de l'éclipse par 56° 55′ de longitude est, et 15° 42′
ude nord; les dessins de M. Olry, attaché à l'expédition
atonne, de M. Pope Hennessy, et enfin de M. Oude-
ig. 50, 51, 52, 53, 54, 55 et 56, plus loin p. 474 et 775).
i les protubérances que nous montrent ces figures, il
une extrêmement remarquable par ses dimensions, qui
naturellement attiré l'attention de tous les observa-
Elle a été vue de tous les points, depuis Aden (15 heu-
minutes, temps moyen de Paris) jusqu'à Mantawalu,
eures 25 minutes, première preuve de son existence
D'abord très-longue au moment du premier contact
ur, puisque sa hauteur était d'environ 3 minutes, ou le
e du diamètre du soleil, elle disparaissait peu à peu
base derrière le bord est de la lune; et les mesures
nétriques de sa hauteur à différents instants ont
qu'elle adhérait au soleil. Au moment de la réappari-
bord ouest du soleil, elle dépassait encore le disque
ne, et des observateurs ont pu la voir encore pendant
une minute. Les protubérances appartiennent bien au

ructure de cette protubérance a vivement frappé l'at-
de presque tous les astronomes. Sa teinte, que M. Ste-
ompare à celle du corail rose nuancé de violet, s'avi-
r les bords, comme si elle eût été composée d'une
creuse et transparente de matière rosée. En outre,
natière semblait s'enrouler en spirale et être animée
ouvement de rotation assez rapide, pour qu'en cinq
s un changement de forme ait été rendu sensible par
tographies du major Tennant. Ce changement devient
ononcé lorsque l'on compare les figures de cette protu-
e dans les dessins d'Aden, du *Rangoon*, de Guntoor, de
ne et de Bornéo. Les protubérances sont donc formées
natière transparente extrêmement mobile et en conti-
transformation.

bservations du lieutenant Campbell et du capitaine
ont montré de nouveau que la lumière des protubé-
n'est pas polarisée ; que celle de la couronne l'est au
re fortement dans un plan qui passe toujours par le
du soleil. Disons immédiatement que d'une station à
la position et la forme des gloires varient étrange-
Aden, Whatonne et cap Barram) : il est donc impossible
d'y voir autre chose que des phénomènes optiques produits
dans notre atmosphère.

Aucune relation n'a pu être établie d'une manière bien certaine entre les protubérances et les facules ou les taches. C'est une question encore aujourd'hui à l'étude.

Les mesures des protubérances, les vues photographiques, l'examen polariscopique de leur lumière, ont donc confirmé et mis hors de doute les résultats déjà obtenus en 1860. Mais quelle est la nature de ces protubérances ? L'analyse spectrale va nous l'apprendre.

Les observateurs spécialement chargés de l'observation spectroscopique étaient le lieutenant Riha, Al. Herschel, le major Tennant, M. Janssen et M. Rayet. Les nuages qui, à Aden, passèrent presque constamment sur la région de l'éclipse n'ont point permis l'observation du spectre des protubérances; partout ailleurs ce spectre a été vu, les résultats les plus complets ont été obtenus par M. Rayet à Whatonne.

Cet observateur faisait usage d'un télescope à miroir argenté, de 21 centimètres d'ouverture, dont l'oculaire était remplacé par un spectroscope à vision directe de M. Duboscq. Le miroir avait été parabolisé par M. Martin, qui avait aussi très-obligeamment taillé celui du télescope de M. Janssen. M. Rayet vérifie d'abord l'identité absolue du spectre du bord du soleil avec le spectre des autres régions ; il reconnaît que jusqu'au bord même du soleil, au moment où ce bord disparaît derrière la lune, le spectre de la couronne n'est autre chose que le spectre solaire, ou plutôt le spectre atmosphérique avec ses lignes noires : l'atmosphère propre du soleil ne donne donc pas cette série de lignes brillantes, ce spectre renversé que nous annonçait l'hypothèse de Kirchhoff. Puis, dès qu'un coup d'œil jeté dans le chercheur de son télescope lui a montré la position de la grande protubérance, il amène la fente de son spectroscope, toujours dirigée perpendiculairement au bord de la lune, sur cette nouvelle source de lumière : par un changement merveilleux, sur le fond pâle et à peine coloré de la couronne, brillent neuf lignes étincelantes, disposées comme l'indique la figure 57. La matière de cette protubérance est donc un gaz incandescent, une flamme pure, sans mélange de substance nuageuse solide ou liquide. C'est bien à la lumière de la protubérance qu'est dû ce spectre inattendu : car la fente étant tournée de 90 degrés et placée perpendiculairement à la plus grande longueur de la flamme rose, les lignes se réduisent à des points brillants, en raison du peu de largeur de la source de lumière. M. Rayet ramène ensuite la fente à sa position première, et il remarque sur trois des lignes qu'il avait déjà vues un prolongement formé d'une ligne plus étroite et plus pâle. Par conséquent, une partie des éléments gazeux de la protubérance s'élèvent plus haut encore que les autres, démontrant ainsi la complexité de la composition de cette flamme. L'éclipse tirait à sa



Fig. 57. — Spectre des protubérances (d'après M. Rayet).

fin, et la longue bordure rose indiquée (fig. 57), brillait de l'autre côté du disque de la lune : elle est aussi analysée, et

. Warren de la Rue a bien voulu m'envoyer des épreuves de
ieuses photographies.

cette fois aucune ligne violette n'apparaît. Il n'y a donc pas identité parfaite de composition dans toutes les protubérances.

De leur côté, MM. Janssen, Tennant et Al. Herschel constataient le même fait si important de la nature gazeuse des protubérances. Le premier trouve cinq ou six lignes brillantes se correspondant raie pour raie dans deux flammes voisines :

Ce fait capital nous est donc acquis, les protubéranc des gaz. Mais quels gaz? Les résultats obtenus p l'éclipse nous font bien admettre comme probable que eux se trouve l'hydrogène. Mais nous en serions enco duits à des conjectures sans une importante découverte, sentie depuis longtemps en Angleterre par M. Lockyer,

ADEN.



Fig. 50. — L'éclipse totale du 18 août 1868 (d'après les photographies de MM. Vogel et Fritsche).

A BORD DU *RANGOON*.



Fig. 51. — Milieu de l'éclipse totale.

CAP BARRAM (Bornéo).

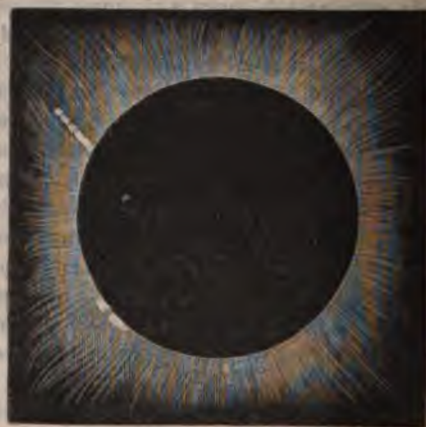


Fig. 56. — Dessin de Pope Hennessy.

entre les deux spectres, un espace obscur où ne se distingue aucune raie brillante sensible. Le major Tennant compte également cinq lignes ; le lieutenant Herschel, trois seulement mais dont il détermine les positions exactes : une ligne rouge très-voisine de C ; une jaune orangée voisine de D, mais ne coïncidant pas avec la ligne du sodium ; enfin la troisième bleue, très-légèrement moins réfrangible que F.

sée aussitôt après l'éclipse et d'une manière indépen par ce même astronome et par M. Janssen : il est possib voir en tout temps, en dehors des éclipses totales, le sp des protubérances.

Une expérience qui étonne toujours les visiteurs d'un o vatoire, consiste à leur faire voir une étoile en plein jo moyen d'une forte lunette. Ce mode d'observation, don

nteur, l'abbé Picard, pouvait dire bien justement qu'il avait ublé la vie de l'astronome, est d'une explication facile. La lutte, par son pouvoir amplifiant, étale sur un champ d'autant us vaste qu'elle grossit davantage la lumière atmosphérique ns laquelle est noyée la lumière de l'étoile ; au contraire, le n'étale pas celle-ci, qui reste concentrée en un point ; et s lors l'éclat de l'astre peut devenir sensible à l'œil sur le nd affaibli du ciel. Or la dispersion au moyen d'un prisme de M. Janssen aussitôt après l'éclipse. Et dès le lendemain, ce physicien retrouvait au bord du soleil la grande protubérance du 18 août. Mais combien modifiée ! Sous ses yeux, en quelques heures, les flammes aux lignes brillantes apparaissaient et se dissipaient, accusant autour du soleil des phénomènes d'une étrange mobilité.

Aujourd'hui, tous les astronomes ont revu les raies brillantes des protubérances, et se sont demandé comment une

GUNTOOR.



Fig. 52. — Commencement de l'éclipse totale.
A. Point du premier contact.



Fig. 53. — Fin de l'éclipse totale.
B. Point du deuxième contact intérieur.

(D'après les photographies du major Tennant.)

WHATONNE (presqu'île de Malacca).



Fig. 54. — Commencement de l'éclipse totale.



Fig. 55. — Fin de l'éclipse totale.

(D'après les dessins et les observations de MM. Stephan et Olry.)

eut jouer le même rôle que le grossissement d'une lunette. a lumière d'une protubérance est noyée pour notre œil dans la lumière du soleil ; mais interposons un prisme : l'éclat du oleil s'affaiblit en se dispersant sur toute l'étendue du spectre, les rayons de la protubérance restent concentrés dans un etit nombre de lignes brillantes ; il suffit donc de disperser ssez fortement la lumière du bord du soleil pour y apercevoir les raies des flammes roses. Tel était le problème dont . Lockyer poursuivait la réalisation, tel fut le raisonnement expérience si simple n'avait pas été réalisée plus tôt : ici comme pour toute découverte, il fallait y penser ! — Dès lors l'identification des raies brillantes avec celles des gaz connus et les lignes noires du soleil a été facile. Il est certain que l'hydrogène prédomine dans l'atmosphère extérieure du soleil ; mais il y a autre chose, et sur ce point il reste beaucoup à faire. La plupart des lignes observées par M. Rayet ont été retrouvées ; sur ce nombre, quatre seulement appartiennent à l'hydrogène.

Les études de MM. Lockyer et Janssen, du père Secchi, de M. Rayet, de M. Tietjen, sur cet intéressant sujet, nous ont déjà révélé bien des faits nouveaux. L'atmosphère hydrogénée s'étend tout autour du soleil ; les protubérances n'en sont que des condensations, des éruptions locales. On a pu en suivre la trace jusque sur le soleil lui-même, et particulièrement dans les taches. Là, en même temps que plusieurs des lignes noires augmentent d'intensité, d'autres au contraire disparaissent, d'autres enfin deviennent brillantes, donnant ainsi en une même région du soleil tous les degrés de l'inversion du spectre découverte par M. Kirchhoff. La présence de la vapeur d'eau paraît aussi démontrée par les observations de M. Huggins et du père Secchi, comme si l'hydrogène incandescent était réellement en combustion à la surface du soleil ! Vaste sujet d'études, qui nous donnera certainement bientôt la solution de cette question tant controversée des taches solaires, mais encore trop peu avancé pour que j'en entreprenne aujourd'hui la discussion.

Si nous résumons les enseignements tirés de ces observations et de tout ce que nous avons constaté jusqu'ici, nous trouvons que l'hypothèse de M. Faye dans ses traits généraux est celle qui nous représente le mieux la constitution probable du soleil. Mais il est un point sur lequel nous avons à revenir. En démontrant que l'atmosphère absorbante ne s'élève pas sensiblement au-dessus de la photosphère, que son action pour produire les raies reste la même aux bords qu'au centre du disque, l'observation vient introduire une difficulté. Nous avions jusqu'à présent admis que cette atmosphère était la cause de la diminution d'éclat des bords du soleil, qu'elle était aussi la cause indirecte des facules, celles-ci étant les parties surélevées de la photosphère. Tout cet échafaudage s'écroule, il faut le remplacer. C'est encore à M. Stoney que nous aurons recours. Il fait remarquer avec raison que la photosphère, telle que nous l'avons définie, est une source complexe de lumière ; au-dessus sont les nuages, résultat immédiat de la condensation des vapeurs, mais plus bas ces nuages se résolvent en pluie, en neige ; et cette pluie, cette neige, forment une source de lumière bien plus vive que la première. La photosphère est donc formée de deux parties, l'une plus brillante, l'autre plus sombre. De là l'apparence granulée de la surface solaire vers le centre du disque ; de là la diminution d'éclat vers les bords, d'où ne nous vient guère que la lumière des nuages ; de là les facules lorsque le nuage devient plus mince, une pénombre si la pluie cesse sous le nuage, une tache si le nuage à son tour disparaît.

Nous pouvons donc nous croire en possession d'une théorie assez satisfaisante de la constitution du soleil. Mais ce qui est bien plus important, nous sommes en possession d'une méthode journalière d'observation, qui nous permettra de résoudre avant peu tous les problèmes de détails relatifs à la photosphère.

Il ne faut pas oublier cependant que d'autres phénomènes existent encore non expliqués, dont l'étude exige toujours l'occasion d'une éclipse : telle est la couronne, peut-être aussi la gloire. Puis ce sont ces franges alternativement sombres et brillantes observées en 1860 par M. Manheim, en Algérie, et revues vivement colorées par M. Pierre, du sommet du Kowluen. Au mois de décembre de l'année prochaine, une éclipse totale sera visible dans le sud de l'Espagne et les régions méditerranéennes de l'Algérie : faisons des vœux pour que les astronomes qui iront l'observer en rapportent une aussi riche moisson de faits nouveaux que les glorieux observateurs l'éclipse du 18 août 1868.

C. Wolf,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN

CHIMIE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

COURS DE M. ISIDORE PIERRE
(Correspondant de l'Institut)

De la verse des céréales

Lorsqu'au printemps, sous l'influence d'un sol fertile d'une température douce, certaines plantes herbacées acq rent un développement vigoureux, elles s'inclinent souv sous leur propre poids, surtout si la saison est humide cette inclinaison dépasse certaines limites et qu'elle appro de l'horizontale, on dit que la plante a *versé*.

La verse peut être *spontanée*, c'est-à-dire avoir lieu sou propre poids des plantes, sans l'intervention des pluies ou vent, qui déterminent le plus souvent cette calamité de l'a culture intensive.

La verse peut être *accidentelle*, c'est-à-dire être le résu d'une pluie plus ou moins abondante, qui vient augme momentanément le poids de la plante, ou d'un coup de comme il n'en règne que trop souvent pendant les ora qui ajoute l'effet de sa pression au poids de la plante surc gée déjà par la pluie et par sa luxuriante végétation.

Les effets de la verse peuvent être plus ou moins désastr suivant l'époque à laquelle elle a lieu, et suivant qu courbure de la tige est plus ou moins brusque, et par s gêne plus ou moins la circulation de la séve dans la plante

Les végétaux cultivés qui sont le plus exposés à la v appartiennent ordinairement aux deux grandes familles b niques des légumineuses et des graminées.

Il suffit de citer parmi les premières, les pois, ves trèfle, sainfoin, luzerne, et parmi les graminées, les prai naturelles et la plupart de nos céréales, pour donner en q ques mots une idée de l'importance de la question qui n occupe.

Avant de nous demander quelles peuvent être les cau de la verse, et s'il existe quelque moyen de la prévenir d'en atténuer les effets, il ne sera pas hors de propos de f une revue sommaire des principaux points de la question.

Peut-on attribuer, d'une manière générale, la verse sp tanée à une insuffisance des substances minérales dans plantes, et faire jouer à ces substances un rôle analogu celui que joue la substance des os dans les animaux vertébr

S'il en était ainsi, les végétaux qui résistent le mieux verse devraient être riches en substances minérales. Or, est un fait bien établi, c'est que les arbres et les arbustes, ne versent pas, sont généralement moins riches en substan minérales, et donnent beaucoup moins de cendres par k gramme de matière brute et sèche, que les plantes herbac qui redoutent la verse.

La tige grêle et relativement très-longue de plusieurs nos légumineuses cultivées (vesces, pois, etc.) ne leur pern guère de se tenir debout ; aussi plusieurs d'entre elles so elles, comme les pois, munies de vrilles destinées par nature à leur permettre de s'attacher à d'autres plantes rigides, que nous remplaçons souvent par des *rames*. D'aut

e le haricot, enroulent naturellement leurs tiges autour es plantes, et sont souvent soutenues par des rames, e leurs tiges ont de grandes dimensions. D'autres, comme le trèfle, le sainfoin et la luzerne, subissent le les graminées de nos prairies naturelles ou de nos es communes (blé, seigle, avoine, etc).

lemande actuellement tant de choses à la chimie, que ne devons pas être étonnés qu'on ait essayé, cette fois , de lui faire quelques emprunts au profit de l'agricul- our tâcher d'expliquer les causes de la verse en général, tout de la verse des céréales qui constituent l'une des fondamentales de l'alimentation des peuples civilisés.

ès avoir accusé successivement ou même simultanément les engrais employés ou la nature propre de la variété ie, on a reconnu qu'il existe, dans les cendres de la des céréales, une proportion considérable de *silice*. ié qu'on est à penser que la nature n'a rien fait d'inu- a fait divers rapprochements. On a reconnu d'abord silice donne de la dureté et de la rigidité aux substan- aux organes végétaux qui en contiennent en propor- n peu considérables (1). En comparant aux dimensions tige de blé le poids de ses feuilles et d'un lourd épi urni, on s'est demandé si cette abondance de silice nferme la paille n'avait pas pour but de donner à la blé une force et une rigidité suffisante.

duction en induction, on s'est trouvé amené à pen- e le blé serait sans doute d'autant moins exposé à que sa paille serait plus riche en silice; de là l'idée rcher, par tous les moyens possibles, à fournir au sol silice plus ou moins soluble, plus ou moins facilement *lable*.

ainsi que nous avons vu apparaître, il y a environ ou dix-huit ans, l'engrais de M. de Sussex, dans lequel it la silice gélatineuse.

encore sur cette même idée qu'est en partie fondé i du *feldspath* en poudre, plus ou moins désagrégé influences atmosphériques, etc.

e permettrai de faire, au sujet de cette interprétation ultats de l'analyse chimique, une observation dont la ne se manifeste que trop souvent dans la pratique. alyse peut être rigoureusement exacte, irréprochable -même, et donner lieu, cependant, à des interpréta- utives, parce qu'on se sera placé à un point de vue cial que celui de l'analyste, dans les applications qu'on son travail, surtout si l'on doit se baser sur des résul- *yens*.

n'est plus trompeur qu'une moyenne quand on en ire une application spéciale et déterminée, si cette e est déduite de résultats très-différents les uns des La paille du blé, par exemple, se compose de parties erses, telles que *feuilles*, *nœuds*, *entre-nœuds*, etc. La ition moyenne de la paille entière peut différer beau- la composition chimique particulière de chacune de ties, qui, d'ailleurs, doivent jouer des rôles distincts rigidité de la tige.

st particulièrement dans la *cuticule* ou dans les couches épi- s des graminées que se trouve accumulée la silice; cette accu- est quelquefois tellement considérable, que les instruments des- attre les céréales, ou à couper la paille, en sont rapidement feuilles de certaines plantes sont rendues assez dures, par la de la silice, pour qu'on puisse s'en servir pour polir le bois et métaux.

D'ailleurs il est un fait brutal dont l'explication ne serait pas facile à donner, dans la théorie qui fait jouer un rôle si important à la silice dans la rigidité de la tige du blé : si l'analyse chimique a montré que la silice est abondante dans la composition moyenne des cendres de la paille de blé, l'analyse chimique a montré aussi qu'en général les blés qui ont le plus de chance de verser sont généralement ceux dont la paille contient le plus de silice.

Faudrait-il conclure de là que la silice favorise la verse au lieu de l'empêcher? Nous ne serions pas plus sages que ceux qui professent l'opinion diamétralement opposée.

Faudrait-il en conclure que l'analyse chimique nous induit en erreur dans les deux cas? Nous serions aussi peu raisonnables que si nous blâmions l'emploi des couteaux, parce qu'un maladroit ou un imprudent se sera coupé en s'en servant maladroitement.

Que faire alors? Examiner les choses d'un peu plus près, et ne pas trop nous hâter de tirer des conclusions particulières de faits très-généraux, ou des conclusions trop générales de faits particuliers.

Au lieu de considérer la paille du blé dans son ensemble, examinons-en séparément les diverses parties : feuilles, nœuds, entre-nœuds, et particulièrement la partie qui, dans la verse, cède sous le poids de la plante qu'elle supporte.

Prenons d'abord la paille à l'époque de la maturité, et examinons-en les différentes parties, en commençant par la partie supérieure, immédiatement au-dessous de l'épi:

Proportion de silice par kilogramme de matière sèche.

	Grammes.
Partie supérieure des tiges	12,6
Premiers entre-nœuds	9,4
Deuxièmes entre-nœuds	5,8
Troisièmes entre-nœuds	5,7
Quatrièmes entre-nœuds	7,0
Premières feuilles	41,6
Deuxièmes feuilles	33,1
Troisièmes feuilles	42,2
Quatrièmes feuilles	51,6
Cinquièmes feuilles	75,7
Premiers nœuds	7,6
Deuxièmes nœuds	3,2
Troisièmes nœuds	4,3
Quatrièmes nœuds	6,2
Cinquièmes nœuds	6,0

J'avais obtenu, une autre année, pour l'ensemble :

Des feuilles	66,8
Dans la partie supérieure des tiges	15,0
Dans la partie inférieure formant l'ensemble des nœuds et entre-nœuds réunis	8,3

Il résulte, de l'ensemble des données précédentes, que ces diverses parties de la paille peuvent être classées dans l'ordre suivant, d'après leur plus grande richesse en silice.

En première ligne, les *feuilles*.

En seconde ligne et à une grande distance des feuilles les *entre-nœuds*.

Enfin, en troisième ligne, les nœuds qui forment la partie de la paille la plus pauvre en silice, quoiqu'on ait bien souvent répété le contraire, sans doute parce qu'ils sont plus durs ou plus fermes que le reste de la tige.

Nous pouvons préciser davantage ces différences en disant : qu'à *poids égal, les feuilles contiennent sept à huit fois plus de silice que les nœuds, et quatre à cinq fois plus que les entre-nœuds* ; qu'en outre, les entre-nœuds les plus pauvres en silice sont ceux de la partie moyenne et de la partie inférieure de la tige.

Sur 100 parties de silice contenue dans la plante même, il

y en a 57 dans les feuilles, un peu plus de 27 dans les épis entiers (1), environ 16 dans les entre-nœuds, et seulement 1,5 dans les nœuds.

C'est donc dans les feuilles, surtout, que se trouve accumulée la majeure partie de la silice de la paille, et non dans la tige proprement dite ; on comprend alors comment on peut voir verser un blé dont la paille est plus riche en silice que celle d'un autre blé qui, dans des conditions analogues, ne versera pas.

On objectera peut-être qu'il ne s'agit pas ici de la répartition de la silice dans les différentes parties de la plante à l'époque de sa maturité, mais qu'il importe de connaître cette répartition un peu avant le moment de l'épiage. Pour toute réponse, j'emprunterai à mes *Études sur le développement du blé*, les résultats suivants, qui se rapportent à l'époque critique dont il est question. En rapportant tous les nombres au kilogramme de matière complétement privée d'humidité, j'ai trouvé :

	Grammes.
Dans la partie supérieure des tiges........	2,6 de silice.
Dans les premiers entre-nœuds..........	4,6 —
Dans les deuxièmes entre-nœuds..........	7,8 —
Dans les troisièmes entre-nœuds.........	3,2 —
Dans les quatrièmes entre-nœuds.........	5,2 —
Dans les premières feuilles.............	19,1 —
Dans les deuxièmes feuilles.............	24,6 —
Dans les troisièmes feuilles.............	26,2 —
Dans les quatrièmes feuilles............	30,4 —
Dans les cinquièmes feuilles.............	53,6 —
Dans les premiers nœuds................	6,3 —
Dans les deuxièmes nœuds..............	5,9 —
Dans les troisièmes nœuds..............	5,9 —
Dans les quatrièmes nœuds..............	6,3 —
Dans les cinquièmes nœuds..............	9,9 —

C'est-à-dire que, si les proportions de silice ne sont pas les mêmes que dans la paille mûre, la répartition de cette substance s'y fait encore de la même manière entre les différentes parties de la tige ; si l'on veut, à toute force, constater une différence, on trouvera dans ce tableau que le bas de la tige (troisième et quatrième entre-nœuds) est encore moins riche en silice qu'à l'époque de la maturité.

Dans un cas comme dans l'autre, on peut donc dire que *la partie de la plante qui est destinée à en supporter tout le poids est précisément celle qui contient le moins de cette silice*, que l'on croyait destinée par la nature à donner au chaume du blé plus de force et de rigidité.

Il est depuis longtemps reconnu que, toutes choses égales d'ailleurs, les blés les plus exposés à verser sont ceux chez lesquels les feuilles ont acquis le plus grand développement. Si l'on fait un rapprochement entre ce fait et la plus grande accumulation de silice dans les feuilles, on ne sera plus surpris de voir que la paille d'un blé versé soit souvent plus siliceuse que celle d'un autre blé qui aura mieux résisté aux mêmes causes de verse.

Il est même assez curieux de penser que, lorsqu'on rogne avant l'épiage les feuilles d'un blé trop fort, *on peut souvent prévenir la verse tout en privant la récolte d'une partie de la silice que contiendrait la paille*, si elle n'eût pas subi cette mutilation. Nous nous garderons bien d'en conclure que la diminution des chances diverses résultera nécessairement d'une soustraction de silice réalisée par un moyen quelconque ; nous nous bornerons à dire que, dans l'exemple précité, la soustraction d'une partie des feuilles a diminué les chances de verse, et nous laisserons la silice en dehors du débat.

Les blés les plus feuillus sont habituellement plus sujets à la verse pour deux raisons principales : la première, c'est que le pied de la tige, moins aéré parce que les feuilles couvrent entièrement la terre, reste plus longtemps mou ; la seconde, c'est que les feuilles, plus développées, sont pour ces tiges molles un fardeau plus lourd à supporter, auquel viennent s'ajouter encore le poids de l'eau des pluies et la pression du vent.

On ne se fait pas toujours une idée bien nette du poids que peuvent avoir à supporter, dix à quinze jours avant l'épiage, ou au moment de l'apparition des épis, les tiges d'une récolte de blé un peu vigoureuse, capable de produire 30 à 35 hectolitres de grain. J'ai déterminé ce poids sur deux récoltes successives, dans deux champs différents et sur des blés qui n'ont nullement souffert de la verse, en 1863 et en 1864.

	A l'hectare.
La première de ces récoltes pesait, à l'état vert et frais.	28 700 kilogr.
Le poids total des feuilles s'élevait à...............	12 800
La seconde récolte pesait, par hectare.............	23 800
Et les feuilles seules...........................	10 300

Prenons, si l'on veut, la moyenne des deux résultats ; nous trouverons ainsi, pour le poids de la récolte, tel qu'on l'obtiendrait en la fauchant pour fourrage :

Récolte entière, verte et fraîche, mais non humide......	26 250 kil.
Feuilles seules..................................	11 550

J'ai constaté également qu'on peut estimer à 32 pour 100 environ, en nombre rond à un tiers, l'accroissement de poids subi par la récolte sous l'influence d'une pluie.

Le poids total d'une récolte *mouillée*, comme celle dont il est ici question, s'élèverait donc à environ 35 000 kilogrammes.

Essayons maintenant de calculer la part moyenne qui revient à chaque tige, dans ce poids considérable à supporter.

Il résulte de mes recherches de 1863 qu'on peut évaluer à 2 750 000 le nombre des tiges susceptibles d'épier sur un hectare ; en faisant entre toutes ces tiges une égale répartition du poids total que nous venons d'attribuer à la récolte entière, dans les conditions que nous avons admises, le pied de chaque tige aurait à supporter environ 13 grammes. Ainsi envisagé, ce poids ne paraît pas très-considérable ; mais si nous voulons bien ne pas oublier que, parmi ces tiges, il y en a bien un tiers dont le poids ne dépasse pas la moitié du poids des autres, nous aurons alors, pour le poids moyen de ces dernières, environ 16 grammes.

Comme le blé dont il est ici question a résisté à la verse spontanée, il semble permis d'admettre que les tiges de blé qui subissent la verse spontanée doivent avoir souvent un poids plus considérable.

De ce que la présence de la silice est souvent impuissante contre la verse, nous n'en devons pas conclure qu'elle ne puisse ou ne doive en rien contribuer à la rigidité de la paille ; tout ce qui existe dans la nature a probablement sa raison d'être, seulement cette raison ne nous est pas toujours connue.

Les feuilles des graminées, celles du blé en particulier, ont une forme spéciale : elles se composent d'un *limbe* rubané qui flotte librement sous l'atmosphère, et d'une *gaine* allongée qui, partant du nœud correspondant, enveloppe la tige sur une longueur d'environ 10 à 12 centimètres ; cette gaine doit protéger la portion de tige qu'elle entoure, comme le

(1) La silice que contiennent les épis se trouve presque exclusivement dans les *balles* qui enveloppent le grain.

u d'une épée en protége la lame, et à ce point de vue peut avoir, dans la feuille où elle s'accumule, une :e utile. Mais, dans les blés exposés à la verse, le limbe charge la tige par son poids a subi un accroissement rable, tandis que la gaîne protectrice de la tige n'a iblement varié dans ses dimensions; l'équilibre natu-d donc à se rompre, par suite de cette luxuriante ion, malgré la présence d'une plus forte proportion e dans l'ensemble de la plante.

s'il ne semble plus guère permis d'avoir une aussi confiance dans l'efficacité des engrais ou des amende-:apables de fournir à nos blés de la silice soluble ou ible, en vue de donner à leurs tiges plus de rigidité, ioyens, quels ingrédients chimiques pourrait-on em-pour diminuer les chances de verse ou pour en atté-s effets? Je ne répondrai pas que les blés des terres ont leur paille moins siliceuse et ne versent presque en donnant aux cultivateurs le conseil de se placer pareilles conditions : la question est trop grave pour it permis d'y faire une réponse qui ait l'apparence nauvaise plaisanterie. Cependant il est bien permis de ınder sérieusement pourquoi les chétives récoltes crai-noins la verse que ces récoltes à pleine faux, qui sont a fois l'orgueil et le souci du bon cultivateur.

voudrais pas, en faisant tomber une illusion, contri-en propager une autre; mais il paraît évident pour monde que, moins ombragé par ses feuilles qui sont a fois moins larges et moins longues, le pied de ces s tiges est mieux aéré, et par suite moins longtemps :, plus tôt ferme, dur et résistant. Si les exigences de griculture moderne ne permettent plus de se placer, is les rapports, dans de pareilles conditions de produc-est possible du moins de chercher à les imiter, sans u rendement, en espaçant un peu plus les lignes et les et espacement permettra une circulation d'air plus t plus active, qui, en diminuant l'humidité de ces n augmentera la résistance et la solidité.

ur peut-être la science pourra trouver un spécifique ergique et plus efficace; en attendant, cherchons à des exemples qui nous sont offerts par la nature.

lyse chimique, avons-nous déjà dit, d'accord avec la e, nous apprend que c'est principalement dans la *cuti-* dans les couches épidermiques que se trouve accu-a silice dans les plantes.

nalyses nombreuses et variées m'ont également appris taines autres substances minérales s'accumulent dans lles les plus anciennes de formation et les moins acti-te accumulation tardive ne semble-t-elle pas faire tir que, si les substances dont il s'agit ont été ou sont utiles à la plante, elles n'ont pas ou elles n'ont plus cessairement besoin d'y exister en aussi grande abon-Est-il bien permis de se fonder sur une pareille accu-n dans des organes extérieurs dont la vie va s'étein-nt elles finissent parfois par obstruer les vaisseaux pour admettre la nécessité de l'intervention de ces ces en proportions considérables, afin d'assurer la ité de la végétation?

n mot, pour restreindre la question à un seul de ses il est permis de se demander *si la totalité de la silice ouve dans la paille du blé est d'une indispensable néces-* si une partie de cette silice ne serait pas *entraînée* en é surabondante par les alcalis (potasse, soude) avec lesquels elle se trouve habituellement combinée dans le sol (1).

M. Gerber Keller a soumis récemment à l'analyse un très-grand nombre d'échantillons de terrains des cantons jurassiques de la Suisse. Dans plusieurs de ces échantillons, où le blé prospérait d'ailleurs parfaitement, il y avait à peine 2 à 3 pour 100 de silice, et cette substance s'y trouvait à l'état de fragments de quartz hyalin ou de quartz laiteux amorphe, ayant depuis un huitième de millimètre de diamètre jusqu'à 1 millimètre de diamètre, c'est-à-dire à un état peu propre à fournir au blé de la silice soluble en abondance.

Je n'attacherai pas à ces faits une importance exagérée; la question qui nous occupe, et en général celles qui se rattachent aux substances indispensables, utiles ou indifférentes que l'analyse peut faire découvrir dans les plantes, sont des questions trop grosses et trop complexes pour être traitées ici d'une manière incidente. La seule observation sur laquelle j'insiste encore, c'est qu'on a dû s'exagérer le rôle possible et probable de la silice dans la question de la verse des blés.

Il est facile de comprendre que la plupart des observations qui viennent d'être présentées au sujet du blé peuvent s'appliquer aux autres plantes herbacées susceptibles de verser.

Les conséquences de la verse sont un peu différentes, suivant que la tige est plus ou moins inclinée et qu'elle a subi, en s'infléchissant, une courbure plus ou moins brusque, de nature à gêner la circulation de la séve.

Les conséquences de la verse varient encore, toutes choses égales d'ailleurs, suivant l'époque à laquelle elle a eu lieu, suivant le développement qu'avait alors acquis la plante.

Lorsque la verse est incomplète, qu'elle ne consiste qu'en une inclinaison de 45 à 60 degrés, n'entraînant pas le pliage brusque du pied de la tige, elle n'offre guère d'autre inconvénient que celui de rendre le fauchage de la récolte un peu plus difficile; souvent même la plante se relève en partie. Mais lorsque la plante est brusquement pliée à angle vif, jusque dans la position horizontale, et qu'elle est couchée sur le sol, il en résulte inévitablement pour la paille une coloration brune provenant d'une altération sensible, surtout si la terre est humide. Cette paille est alors considérablement dépréciée. Il arrive encore souvent alors que les mauvaises herbes, et surtout le convolvulus des champs, s'y attachent énergiquement et maintiennent les tiges couchées comme feutrées, ce qui augmente encore les difficultés de la récolte. Un blé versé dans ces conditions, surtout si la verse a eu lieu sous l'influence d'un tourbillon orageux, ce qui arrive souvent, ne peut être coupé avec la faux garnie, encore moins avec la moissonneuse; la faucille seule, ou mieux encore la sape flamande, peut en avoir raison.

Un autre inconvénient que présente le blé versé, au point de vue de son logement, c'est qu'il tient beaucoup plus de place au tas que le blé droit.

Le grain fourni par une pareille récolte laisse beaucoup à désirer sous le rapport de la qualité; il est d'autant plus défectueux, toutes choses égales d'ailleurs, que la verse a eu lieu plus tôt. On comprend aisément, d'une manière générale, que l'épi d'une tige de blé brusquement coudée à son pied ne puisse plus recevoir que très-difficilement, par la

(1) Dans les arbres, l'*écorce* et les *feuilles* sont beaucoup plus riches en cendres que le *bois*; ne semble-t-il pas permis de penser que c'est dans ces parties de la plante où s'effectue la transpiration, que vont s'accumuler les substances minérales inutiles, celles dont la trop grande quantité pourrait devenir nuisible?

racine, les éléments que le sol peut et doit lui fournir ; mais on peut se demander comment le grain peut arriver à sa maturité et avoir assez souvent une qualité passable, quand la verse a eu lieu une huitaine de jours après la floraison.

Pour nous rendre compte de ce dernier fait, il est indispensable de nous reporter à l'étude de la composition de la tige à diverses époques de sa vie; c'est ce que nous allons faire sommairement. J'ai trouvé, dans diverses séries de recherches sur le développement du blé aux principales époques de sa végétation (1), des résultats que je vais essayer de résumer brièvement. Pour rendre les résultats plus comparables, je les ai tous rapportés au poids de la plante supposée complétement privée d'humidité.

Le 3 juin, au moment de l'épiage.

Poids des épis, par hectare	250	kilogr.
Poids des feuilles	1749	
Poids des nœuds	190	
Poids des entre-nœuds	791	
Poids de la partie supérieure des tiges	22	
Poids total de la récolte	3002	

Le 22 juin, après la floraison.

Épis	917	kilogr.
Feuilles	1956	
Nœuds	308	
Entre-nœuds	2238	
Partie supérieure des tiges	634	
Poids total de la récolte	6053	

Le 25 juillet, au moment de la moisson.

Épis	2540	kilogr.
Feuilles	1255	
Nœuds	259	
Entre-nœuds	1822	
Partie supérieure des tiges	567	
Poids total de la récolte	6443	

La plante, à la première de ces trois époques, n'avait encore atteint que la moitié du poids réel (en matière *sèche* bien entendu) auquel elle devait parvenir; mais au 22 juin, c'est-à-dire plus d'un mois avant sa maturité, elle possédait, en bloc, la presque totalité des principes qu'on y devait retrouver au moment de la récolte; seulement, ces principes n'étaient pas distribués ni élaborés de la même manière.

Si, au lieu de ne considérer que le poids brut, nous comparons, à ces mêmes époques, la répartition et la quantité des substances qui jouent un rôle considérable dans la vie de la plante, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse, par exemple, voici ce qu'on trouve, d'après les mêmes recherches, toujours pour un hectare :

Azote.

	3 juin. Kilogr.	22 juin. Kilogr.	25 juillet. Kilogr.
Épis	9,05	17,10	51,33
Partie supérieure des tiges	0,66	10,49	3,45
Feuilles	44,40	42,68	16,29
Nœuds	4,80	4,17	1,71
Entre-nœuds	9,47	21,41	6,91
Récolte entière	68,38	95,85	79,69

Acide phosphorique.

	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Épis	2,43	4,33	10,88
Partie supérieure des tiges	0,20	2,97	0,67
Feuilles	5,84	6,40	1,15
Nœuds	0,92	1,18	0,45
Entre-nœuds	2,23	6,25	3,17
Récolte entière	11,62	21,13	16,32

(1) Voyez, pour plus de détails, mes *Études théoriques et pratiques d'agronomie et de physiologie végétale.*

Potasse.

	3 juin. Kilogr.	22 juin. Kilogr.	25 juille[t] Kilogr.
Épis	4,43	4,25	13,79
Partie supérieure des tiges	0,43	6,24	1,37
Feuilles	11,48	8,67	0,96
Nœuds	3,77	4,41	4,05
Entre-nœuds	3,23	8,56	4,55
Récolte entière	23,34	32,13	24,72

Il résulte de l'ensemble de ces documents que si, au ment de l'épiage, la plante ne contient pas encore la to de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse qu doit trouver à l'époque de la moisson, elle contient déjà des deux tiers de l'acide phosphorique et plus des sept tièmes de l'azote et de la potasse. Peu à près la florais environ cinq semaines avant la maturité, ces mêmes stances s'y trouvent au grand complet.

Si la verse n'a lieu qu'à la fin de la floraison, pour pe la plante conserve encore assez de vitalité pour favori transport intérieur de ses propres éléments constitu n'est pas impossible, théoriquement, que la récolte encore un résultat presque satisfaisant, au point de vue quantité.

Au lieu d'examiner la récolte dans son ensemble, co rons maintenant le grain à part, afin de voir dans q limites pourraient être prévues, à son égard, les conséq de la verse, suivant l'époque à laquelle elle a eu lieu.

J'ai déterminé avec soin, à l'état de complète sicc poids du grain à diverses époques; pour une même r rapportée à l'hectare; j'ai trouvé ainsi :

Le 6 juillet,	poids du grain *sec*		758 kilogr.
Le 11	id.	—	1205
Le 15	id.	—	1397
Le 20	id.	—	1701
Le 25	id.	—	2070

Si donc, par suite de la verse, la plante se dessèch rapidement, avant que les matériaux accumulés dans verses parties aient pu subvenir complétement à la nu du grain, ces matériaux, faute de pouvoir se transport qu'à l'épi, pourront laisser le grain dans une des cond dont nous avons essayé de montrer les différences, et son pourrait se trouver plus ou moins réduit au-dessous qu'il devrait être, et en même temps sa qualité se tr diminuée aussi dans le même rapport.

En résumé, la verse est toujours un véritable fléau d voudrait bien pouvoir prévenir la venue et les mauvais

Nous ne croyons pas devoir décrire ici les différents mes de *paraverse* qu'on a imaginés et essayés; l'expé n'a encore prononcé d'une manière définitive sur aucun

Les semis en lignes convenablement espacées, en pe tant à l'air de circuler plus facilement autour des tiges vent permettre à celles-ci d'acquérir plus tôt une dur une rigidité plus grandes; les labours profonds, en perm aux racines de se développer plus facilement et plus p dément, peuvent fournir à la tige des moyens d'appui efficaces qu'un énergique roulage consolidera plus com ment encore. Quant à la verse accidentelle, je ne c aucun moyen de la prévenir avec quelque chance de s

Isidore Pierre.

Le propriétaire-gérant : Germer Bailli[ère]

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE — NUMÉRO 31 — 3 JUILLET 1869

Paris, 2 juillet 1869.

it que M. Helmholtz a joué un rôle considérable dans ation de la théorie mécanique de la chaleur à côté de Joule, Clausius, Carnot, Colding, W. Thomson, rn Rankine, etc. Dès 1847, il avait publié un mémoire uable sur la *Conservation de la Force,* où il développait natiquement les conséquences du principe de la thermique. Ce mémoire vient d'être traduit par un prode l'Université de Liége, M. L. Pérard. L'introduction etit volume est un exposé élémentaire de la transfor- des forces naturelles où l'on retrouve la hauteur de i distingue les écrits de l'illustre physicien-physiolo- Heidelberg. Voici la conclusion de ce travail :

omme mesure la grandeur et la sagesse de l'Univers à e et au bien-être promis à sa race; mais l'histoire du le notre globe montre que l'existence de la race hun'est qu'un moment imperceptible dans la durée de s. Un vase d'argile du Vandale, un glaive du Romain, que nous retrouvons dans le sol nous représente une té reculée; les restes de l'Égypte et de l'Assyrie, condans les musées de l'Europe, sollicitent notre admiraencieuse, et quelquefois il nous arrive de douter des nages de ces époques si éloignées de nous! Cependant, que la race humaine ait pu élever les Pyramides et , elle doit avoir pu vivre et se multiplier pendant des s d'années.

porte à 6000 ans l'âge de l'humanité : combien ce chiffre it auprès des siècles pendant lesquels ont vécu ces s séries de plantes luxuriantes et d'animaux gigantesmorts avant l'apparition de l'homme; des siècles qui verdir le succin distillant sur la terre et dans la mer sa se gomme ; qui ont vu la Sibérie, l'Europe et le Nord nérique couvertes de forêts de palmiers, habitées par codiles et plus tard par les éléphants, dont les restes nfouis sous nos pieds! Plus d'un géologue a cherché à r la durée de ces périodes au moyen de différents de repère : leurs résultats sont compris entre un et nillions d'années.

cependant le temps pendant lequel la terre a produit res vivants est encore bien petit, comparé au temps nt lequel ce n'était qu'un globe de pierre fondue. Son lissement depuis 2000 jusqu'à 200 degrés n'aurait pas moins de 350 millions d'années, si l'on prend pour base périences de Bischof sur le refroidissement du basalte .

» Quant au temps où notre globe nébuleux s'est condensé et distribué dans l'espace planétaire, il impose silence à nos conjonctures les plus hardies.

» Ainsi l'histoire de notre orgueilleuse humanité n'est qu'une petite ride dans l'océan des temps. L'état actuel de la nature inorganique paraît assuré pour des séries de siècles beaucoup plus longues que notre race n'a encore existé, de sorte que nous n'avons rien à craindre ni pour nous, ni pour une longue suite de générations après nous.

» Mais les mêmes forces de l'air, de l'eau, des volcans, qui ont causé les anciennes révolutions géologiques, et qui ont enfoui de nombreuses existences les unes après les autres, ces mêmes forces agissent encore. Elles pourraient fort bien amener le dernier jour de la race humaine avant l'arrivée des changements cosmiques dont nous avons parlé; elles pourraient nous forcer à céder la place à des créatures plus parfaites, comme nous avons pris celle du mamouth et du crocodile.

» Ainsi le même fil que les rêveurs du mouvement perpétuel ont commencé à filer dans l'obscurité nous a conduit à un principe universel, qui illumine jusqu'au fond l'abîme où se cachaient le commencement et le dénoûment de l'histoire de l'univers. Il montre à notre race une longue durée, mais non l'éternité; il nous avertit d'un jour fatal, le jour du jugement; mais heureusement il conserve le secret de sa date. La race entière, aussi bien que chaque individu, doit apprendre à supporter la pensée de sa mort; toutefois notre race a, sur les créatures qui nous ont précédés, l'avantage d'une mission morale plus élevée qu'elle doit supporter et accomplir pour parvenir à sa destinée. »

— La lèpre, si fréquente au moyen âge et qui inspirait alors tant de répulsion et d'effroi, a presque complétement disparu de l'Europe civilisée depuis le XVIIe siècle. Mais elle existe encore dans beaucoup de colonies européennes, en Asie, en Amérique, etc. Aujourd'hui, les médecins attribuent, en général, le développement de cette maladie à d'autres causes qu'à la contagion et déclarent inutile pour la société le barbare ostracisme dont le moyen âge frappait les lépreux. M. Drognat-Landré combat énergiquement cette opinion dans une brochure remplie de faits curieux, en s'appuyant surtout sur des documents recueillis par son père dans la Guyane hollandaise.

— Sir Roderick Murchison, le vénérable géologue anglais, assistait lundi dernier à la séance de l'Académie des sciences. Il a profité de cette occasion pour remercier l'Académie de son élection comme associé étranger et pour féliciter le secrétaire perpétuel, M. Dumas, de la conférence qu'il vient d'al-

ler faire à Londres sur Faraday devant la Société chimique de cette ville.

Cette conférence inaugurait une série de lectures, que la Société chimique de Londres vient d'instituer sous le nom de Faraday. Le lendemain, la Société chimique a offert à M. Dumas un banquet présidé par M. Williamson, et où l'on a porté de côté et d'autre des toasts enthousiastes.

Quelques jours après, le prince de Galles présidait à l'Institution royale une réunion ayant pour but de provoquer l'érection d'un monument à Faraday. Il a été décidé que, pour couvrir les frais de ce monument, on ouvrirait une souscription publique à laquelle chaque personne ne pourrait apporter que 5 guinées (environ 125 francs) au maximum.

On voit que chez nos voisins d'outre-Manche l'initiative privée se charge de rendre justice aux grands hommes du pays, et le succès d'un projet de ce genre se trouve assuré d'avance. Chez nous, il n'aboutirait sans doute qu'à un échec. L'enthousiasme actif des Anglais contraste singulièrement avec la tiédeur qui accueille chez nous la souscription ouverte pour élever une statue à Lamartine. Et cependant, si grand que soit le nom de Faraday, celui de Lamartine occupe dans les annales littéraires et politiques de la France une place bien plus grande encore.

SOCIÉTÉ DES AMIS DES SCIENCES

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE TENUE A LA SORBONNE (1)

M. BOUDET

La Société des amis des sciences en 1868-1869

Mesdames, Messieurs,

C'est avec bonheur que nous constatons, chaque année, votre exactitude au rendez-vous que nous vous donnons dans cette enceinte, et votre empressement à vous associer aux honneurs que nous rendons à la mémoire des savants illustres que la mort a frappés dans les rangs des Amis des sciences. Votre sympathique influence est un encouragement précieux pour les jeunes professeurs qui viennent ici demander à vos suffrages la consécration de leurs talents; elle est aussi un touchant hommage au fondateur de notre œuvre, et la plus douce des consolations pour les savants que vous assistez dans leur honorable détresse.

Venus de toutes les parties de la France sous les voûtes de cette vieille Sorbonne, illustrée par tant de génies divers, les Amis des sciences y représentent cette fraternité généreuse que Thenard a eu la pensée d'établir entre les hommes qui se dévouent à la découverte des secrets de la nature et ceux qui doivent à la révélation laborieuse de ces secrets leur fortune, leur bien-être, ou les plus nobles jouissances de l'intelligence.

Pensée aussi grande que féconde, et dont les conséquences se développent chaque jour.

Créer, sous l'inspiration des plus généreux instincts du cœur, un lien commun entre tous les savants français, entre les savants et les industriels, entre les savants et les diverses classes de la société française, vulgariser la science, en répandre le goût et l'esprit, n'est-ce pas là le but que Thenard envisageait dans les rêves de son ambition ardente pour l'avenir de notre association? N'est-ce pas là le but que nous avons poursuivi, nous légataires et continuateurs de son *œuvre?* Renfermés, à notre origine, dans les limites de notre mission de bienfaisance, nos actes se bornaient à l'application la plus équitable de nos ressources au soulagement des infortunes dont elles sont le patrimoine.

Deux ans plus tard, donnant hardiment toute sa portée à cette déclaration inscrite dans nos statuts, que nos secours sont la conséquence d'un droit acquis par de véritables services scientifiques, nous avons ajouté, à leur bienfaisante influence, l'honneur pour les savants qui en sont l'objet, d'être signalés dans nos assemblées et dans nos annales, comme ayant bien mérité de la science.

A une époque où le travail a conquis ses titres de noblesse, n'était-il pas juste d'élever notre assistance fraternelle à la hauteur d'une récompense et d'une distinction?

En même temps que nous introduisions ce principe nouveau dans la pratique de la bienfaisance, nous donnions à nos réunions annuelles un but et un attrait qui devaient en accroître l'importance et la solennité.

Tandis que dans d'autres contrées de l'Europe le mouvement scientifique, débordant l'enceinte des laboratoires et des Académies, se répandait parmi les populations, la société française y demeurait étrangère; témoin des plus mémorables découvertes, mais n'en comprenant ni la filiation, ni le caractère, ni les résultats, elle laissait aux seuls adeptes les enseignements et les jouissances qui s'y rattachent.

Jaloux de faire disparaître cette infériorité nationale, nous avons tenté l'épreuve d'une conférence scientifique en présence des membres de notre association et de leurs familles; puis, enhardis par un succès inespéré, nous avons fait appel à un plus nombreux auditoire, et ce grand amphithéâtre de la Sorbonne, où nous sommes réunis en ce moment, ne s'est pas trouvé trop vaste pour contenir la foule accourue à nos séances.

Les témoignages de la plus haute sympathie n'ont pas manqué à notre entreprise : grâce à une auguste bienveillance, la salle élégante du Conservatoire impérial de musique, transformée pendant quelques jours en amphithéâtre de cours scientifiques, a réuni dans son enceinte l'élite de la société parisienne; l'éclat des expériences, l'intérêt des démonstrations, l'éloquence des professeurs, n'ont pas moins captivé cette brillante assemblée que les chefs-d'œuvre de l'art qu'elle était habituée à y applaudir.

Dès lors la barrière a été rompue entre la science et le public français. Popularisées aujourd'hui sous la puissante impulsion du ministre de l'instruction publique, les conférences scientifiques sont entrées dans nos mœurs, et bientôt, sans doute, l'ignorance des vérités fondamentales de la science et de ses applications les plus générales ne sera pas une moindre lacune dans l'éducation que celle de l'histoire ou de la géographie.

Depuis un siècle, l'éclat des révélations de la science et de ses bienfaits a dissipé peu à peu les préventions dont elle était entourée; mais, jusqu'à ces dernières années, quelle place étroite elle a occupée dans notre système d'instruction publique, et avec quelle inconcevable persévérance le grand livre de la nature est resté fermé pour l'immense majorité des Français! Cependant, si la curiosité instinctive de l'enfant se porte avec ardeur sur les objets et les phénomènes qui frappent ses regards, s'il veut tout voir et interroger sans cesse, comment comprendre que, entré en possession de la plénitude de ses facultés, il ne soit pas appelé à connaître ce vaste univers au milieu duquel il a été placé; ce ciel dont l'astronomie pénètre de plus en plus les éblouissantes clartés; cette terre, qui est son domaine, et ces magnifiques harmonies qui se retrouvent dans les plus infimes comme dans les plus grandioses des œuvres de la création? Où trouver un spectacle plus merveilleux et qui ouvre de plus vastes horizons à l'intelligence, un spectacle plus capable d'inspirer le sentiment religieux de la faiblesse de l'homme et de la puissance divine? Soulever un coin du voile qui nous dérobe la grandeur des œuvres du Créateur, entrer en quelque sorte dans le secret de ses desseins, n'est-ce pas obéir à ses inspirations et devenir plus capable de l'admirer? N'est-ce pas, en quelque sorte, s'élever jusqu'à lui? et si c'est dans le spectacle de l'univers que se trouvent les preuves les plus irréfragables de son existence, ces preuves ne doivent-elles pas devenir plus saisissantes à mesure que ce spectale éclairé par la science apparaît davantage dans sa splendeur? Quel plus beau sujet d'étude et de méditation? quel aliment plus salutaire pour l'esprit et pour le cœur? quel moyen plus puissant pour faire diversion à la frivolité des conversations et des mœurs?

Inspirées par notre initiative, les conférences scientifiques sont un besoin de notre époque, et elles exerceront, sans aucun doute, une heureuse influence sur l'esprit public. Justement fiers de la part que nous avons prise à cette innovation féconde, il nous appartient, en présence de cette grande assemblée, de revendiquer pour deux de nos collègues, MM. Fournet (de Lyon) et Nicklès (de Nancy), que la mort vient d'enlever à notre affection, l'honneur d'en avoir été les ardents promoteurs.

Nommé professeur de géologie à la Faculté de Lyon en 1834, correspondant de l'Institut en 1853, auteur de mémoires nombreux et considérables, qui lui avaient acquis en Europe les plus honorables suffrages, M. Fournet avait encore, à soixante-huit ans, une ardeur juvénile pour l'enseignement et une chaleureuse sympathie pour toutes les infor-

(1) Voyez notre tome V, page 354, 2 mai 1868.

lembre de notre société depuis son origine, plus tard devenu
s correspondants, il a mis à son service son dévouement iné-
, et non moins jaloux de vulgariser la science que de secourir
nts malheureux, il n'a pas hésité, malgré son âge, à ouvrir à
s conférences au bénéfice de notre œuvre. Son nom méritait
ite d'être prononcé devant vous comme celui d'un de nos plus
x bienfaiteurs.
eune que Fournet, Nicklès était un des fondateurs de l'œuvre
ard. Parmi nos correspondants, c'était lui qui comptait le plus
ombre de souscripteurs. Sa mort est une grande perte pour
ciété. Issu d'une modeste et honorable famille du Bas-Rhin,
tait le dixième enfant, sans autre ressource qu'une instruction
ébauchée, que la droiture de son caractère et l'énergie iné-
e de sa volonté, il avait conquis, à trente-quatre ans, une
la Faculté des sciences de Nancy. Que de privations et de
ces, que de jeûnes et d'insomnies il a stoïquement supportés
voir aller à Giessen et à Paris recueillir les leçons de MM. Lie-
umas ! Devenu professeur à son tour, malgré les atteintes que
avait déjà subies, son ardeur fut bien loin de se ralentir :
ies de laboratoire, enseignement à la Faculté, cours spéciaux
ouvriers de Nancy, publications diverses, revue des travaux des
s de l'Allemagne, rédigée avec une rare sagacité, il menait de
tes ces occupations, et il y ajoutait encore les fatigues de la
ve propagande pour notre œuvre, et de ces remarquables con-
qui réunissaient autour de sa chaire une foule attentive et
par la vive originalité de sa parole, par cette conviction ardente
ait sa voix et ses gestes, et communiquait à son auditoire la
lont il était pénétré. Telle fut sa vie pendant quatorze années
ssion de cette chaire qu'il avait tant désirée, si chèrement
et où il se flattait d'enseigner longtemps encore. Mais, épuisé
xcès de son activité, et sans doute aussi par les émanations
posés du phosphore et du fluor qu'il étudiait depuis plusieurs
les forces lui ont manqué, et il a succombé le 3 avril, à l'âge
nte-huit ans, avant d'avoir pu réaliser les premiers éléments
rimoine pour ses jeunes enfants.
e sacrifices et de labeurs, recherches, publications scientifiques
ntes, quatorze années d'enseignement remarquable dans une de
s grandes Facultés, estime et affection de tous ceux qui l'ont
lévouement infatigable à la cause des savants malheureux, voilà
de Nicklès : où en est la récompense ? Hélas ! il lui manque
s de professorat pour laisser à sa veuve des droits à une mo-
raite !
idément émus en présence d'une situation si douloureuse, les
rs de la Faculté de Nancy ont adressé une demande de secours
lent de la Société des amis des sciences, et votre conseil a voté
mation un secours annuel de 1000 francs en faveur de ma-
klès et de ses enfants. C'est peu, sans doute, mais le chiffre
fonds de secours ne nous permettait pas d'être plus généreux
ment.
econde infortune, bien digne aussi de votre intérêt, nous impo-
re d'autres obligations. Deux vieillards réduits à la plus abso-
sse, M. Dien, atteint de graves infirmités, et madame Dien,
ent aveugle, n'avaient plus d'autres ressources que notre appui;
l n'a pu leur accorder que 600 francs, mais il ne désespère pas
aire obtenir un asile où ils pourront achever paisiblement leur

en a présenté à l'Académie des sciences plusieurs travaux rela-
stronomie qui offraient une véritable importance ; et, dans sa
u 19 avril dernier, sur le rapport d'une commission composée
Delaunay, Mathieu et Laugier, l'illustre compagnie a donné sa
probation à un atlas céleste et à un appareil destiné à la con-
des cartes des amas stellaires, que M. Dien avait soumis à son
.
gard d'infortunes si intéressantes, les secours votés par votre
ous paraissent, sans doute, bien au-dessous de l'intérêt qu'elles
, mais malgré l'état prospère de notre situation financière, il
ru impossible de donner davantage.
dons considérables grossissent notre capital, nos ressources
es pour les secours, représentées par le chiffre de nos revenus
is quarts du produit des cotisations de l'année, ne s'accroissent
enteur, et elles sont absorbées d'avance, en très-grande par-
es pensions à servir aux vingt-huit familles que nous assistons
us ou moins longtemps. D'après nos calculs, il nous restait à
1er janvier, 3000 francs pour faire face aux besoins de l'exer-
1869 ; parvenus au tiers de cet exercice, nous venons d'in-
ux nouveaux pensionnaires, et déjà d'autres infortunes récla-
re assistance. Vous allez reconnaître d'ailleurs combien la

pénible réserve que nous avons dû nous imposer, se trouve justifiée par notre compte général de recettes et de dépenses pendant l'année 1868, tel qu'il a été reconnu et approuvé par les censeurs.

Nos *recettes*, en effet, se composent des articles suivants :

	fr.	c.
Dons	20 651	
Souscriptions perpétuelles à 200 francs	7 200	
Cotisations	21 240	
Intérêts du capital perçus en 1867	16 294	78
Solde en caisse au 31 décembre 1867	4 836	38
Total des recettes	70 222	16

Dépenses.

	fr.	c.
Secours distribués	31 350	
Frais généraux	7 003	17
Achat d'obligations pour emploi, conformément à nos statuts, des dons et legs recueillis pendant l'exercice	29 296	5
Solde en caisse au 31 décembre 1868	2 572	94
Total des dépenses	70 222	16

Il résulte de cet exposé :

1° Que pendant l'année 1868 notre capital s'est accru de 29 296 fr. 05 c. qui ont été placés en obligations de chemin de fer garanties par l'État, et qui ont élevé, au 31 décembre 1868, notre capital placé au chiffre de 370 121 fr. 90 c., prix d'achat de nos valeurs.

2° Que pour l'exercice de 1868 le revenu de notre capital a été de 16 296 fr. 78 c.

3° Que pendant ce même exercice nous avons distribué en secours 31 350 francs.

En 1867 nous n'avions pu placer que 13 351 fr. 50 c. au lieu de 29 296 fr. 05 c. en 1868. Cet accroissement considérable de notre capital provient du legs de 10 000 francs qui nous a été fait par M. Fourneyron, d'un don de 2500 francs que nous avons reçu de notre vice-président M. Chasles, et de 25 souscriptions perpétuelles qui nous ont été procurées par M. Dubrunfaut.

Nous devons nous féliciter de voir notre fonds social atteindre ainsi un chiffre rassurant pour la durée de notre institution; mais il est important de remarquer que notre revenu de 16 294 fr. 78 c. ne dépasse guère la moitié du chiffre : 31 350, de nos secours distribués en 1868, et que la différence 15 055 fr. 22 c. n'a d'autre garantie que le produit toujours incertain des cotisations annuelles.

Gardons-nous donc de nous ralentir dans nos efforts de propagande, et ne cessons pas de considérer que nos ressources disponibles pour les secours suffisent à peine chaque année, pour nous donner les moyens de soulager convenablement les infortunes les plus dignes de notre assistance.

Pour remplir la place que sa mort a laissée vacante, nous avons présenté à vos suffrages le petit-fils de Thenard ; en ratifiant notre choix, vous réaliserez, sans aucun doute, un vœu de notre regretté collègue et de notre vénéré fondateur.

Je voudrais m'arrêter ici en vous laissant sous l'impression des résultats et des considérations que je viens de vous présenter ; mais après avoir rappelé devant vous les rares mérites de Fournet et de Nicklès, et leur dévouement pour notre œuvre, pourrais-je ne pas rendre hommage à la mémoire de cet homme de bien qui, sans fortune et sans appui, débutant dans la vie par les plus humbles travaux de la campagne, appliqué plus tard à l'étude de la pharmacie et de la chimie, est parvenu, par la seule force de son intelligence et de sa persévérance laborieuse, à devenir un des élèves les plus distingués de Thenard, à mériter son affectueux patronage, à enrichir la chimie générale et la chimie industrielle par de remarquables travaux, et qui, après avoir été directeur de l'École de pharmacie de Strasbourg, professeur à la Faculté des sciences de cette grande ville, a occupé avec distinction, pendant seize ans, à Paris, une des chaires du Conservatoire des arts et métiers.

A ces traits, vous avez reconnu M. Persoz, un des fondateurs de notre Société, un des plus anciens membres de votre conseil d'administration.

Son ancien condisciple et son ami depuis quarante ans, je serais heureux de vous entretenir des précieuses qualités de son cœur et des œuvres qui lui ont assuré un rang élevé parmi les chimistes, et le titre de créateur de cette nouvelle branche des sciences industrielles qui a pour objet l'impression des tissus. Mais je dois me borner à vous dire que, appelé par Thenard, en 1857, à faire partie de votre conseil d'ad-

ministration, il en a été un des membres les plus assidus et les plus utiles.

F. BOUDET.

M. LISSAJOUS

Éloge historique de Léon Foucault

Notre Société a le pieux usage de payer dans sa séance annuelle un tribut légitime de regrets aux hommes éminents qu'elle a perdus. Pouvait-elle, cette année, oublier Léon Foucault, dont la fin cruelle et prématurée a laissé un si grand vide dans nos rangs?

Il eût fallu une main plus illustre et plus exercée pour tracer avec autorité devant vous le portrait de cet homme de génie dont la carrière fut si brillante et si courte.

A défaut d'un plus digne, un des plus obscurs, mais des plus dévoués parmi les amis de Foucault, a dû accepter ce périlleux honneur, autant par déférence pour une société dont il est un des fondateurs que par dévouement pour une mémoire qui lui est bien chère.

Puissent donc les sentiments qui l'animent remonter de son cœur à ses lèvres! puisse-t-il, à défaut d'éloquence, trouver quelques accents vrais dans les inspirations d'une admiration profonde et les souvenirs d'une vieille amitié!

Jean-Bernard-Léon Foucault naquit à Paris le 19 septembre 1819. Rien dans son enfance n'annonçait qu'il dût être illustre un jour: il était d'une santé délicate, d'un caractère doux, timide et peu expansif. La faiblesse de sa constitution, la lenteur qu'il mettait dans son travail rendirent impossible pour lui la fréquentation du collège; ses études, poursuivies dans diverses pensions, furent terminées tardivement, grâce aux soins de maîtres dévoués sous les yeux de sa mère.

Ce fut d'abord par les côtés pratiques qu'il révéla des aptitudes exceptionnelles. Dès l'âge de treize ans, il commençait à construire de ses mains et presque sans outils divers jouets scientifiques, œuvre de patience où se manifestaient à la fois des goûts sérieux, l'observation exacte des formes, l'étude approfondie des mécanismes. Ce fut d'abord un bateau; puis un télégraphe imité de ceux de Saint-Sulpice, dont il apercevait de sa fenêtre les gestes répétés; puis une machine à vapeur. Cette machine existe encore, précieuse relique où, sous les traces de l'inexpérience juvénile, se révèlent dans une exécution consciencieuse cette ténacité au travail et cette habileté de main dont Foucault devait tirer un si grand parti plus tard, lorsqu'il abordait dans le silence du cabinet, avec des appareils entièrement construits par lui, les recherches les plus délicates.

Après avoir conquis ses diplômes de bachelier, il commença l'étude de la médecine: son intention était de se livrer de préférence à l'art chirurgical. Il remplit quelque temps les fonctions d'externe dans les hôpitaux. Sa dextérité naturelle, la sûreté de son coup d'œil, cet instinct du vrai qu'il possédait à un haut degré, faisaient espérer qu'il réussirait dans cette carrière; il y renonça cependant tout d'un coup, arrêté par la vue du sang et le spectacle douloureux des souffrances qu'il devait soulager au prix de souffrances plus grandes encore.

Pendant ses études médicales, il fit la connaissance du docteur Donné, dont il suivait le cours de microscopie à la clinique de l'École de médecine, M. Donné eut en lui d'abord un élève assidu, puis un préparateur sans égal, et enfin un collaborateur précieux. Foucault lui succéda en 1845 au *Journal des Débats* comme rédacteur du compte rendu scientifique, et l'étroite amitié qui les lia l'un à l'autre dura jusqu'au dernier jour.

Dès que la découverte de Daguerre fut connue, Foucault, un des premiers, se mit à l'œuvre avec un appareil construit de ses mains. Il arriva bientôt à une habileté exceptionnelle qui lui permit plus tard de reproduire avec une fidélité remarquable les objets microscopiques les plus délicats.

Lorsque la pile de Grove, modifiée par Bunsen, eut rendu facile la production de la lumière électrique, Foucault voulut substituer au microscope à gaz, dont l'emploi n'était pas alors sans danger, un appareil éclairé par cette lumière si brillante et si blanche. Dans la production de ce soleil artificiel, il eut l'heureuse idée de substituer au charbon de bois des baguettes de graphite des cornues à gaz. Puis, par un ensemble de dispositions heureuses, il arriva à maîtriser cette lumière capricieuse et variable, et, après de nombreux essais, réalisa en 1844 le microscope photo-électrique. Ceux d'entre nous qui étudiaient les sciences à cette époque, n'ont pas oublié les séances publiques où M. Donné faisait la démonstration de cet ingénieux instrument, et se souviennent aussi de l'habileté et du sang-froid avec lesquels Foucault le faisait fonctionner.

Ce fut la première révélation publique de son talent d'expérimentateur. En 1849, il perfectionna son appareil, forçant la lumière à se régler elle-même à l'aide d'un mécanisme automoteur. Cet instrument fut appliqué à l'art théâtral, dans le *Prophète*, où il servait à l'imitation du soleil. Foucault l'utilisa également à l'exécution d'une série nombreuse d'expériences de démonstration.

Malheureusement le retard qu'il mit dans la publication de son travail lui enleva l'avantage d'annoncer avant tout autre au monde savant la solution de cet important problème. Mais il avait été le premier à le résoudre de la façon la plus heureuse et la plus sûre, comme le démontrèrent les preuves palpables qu'il put, grâce au concours empressé de M. Dumas, mettre en temps utile sous les yeux de l'Académie des sciences. Son appareil d'ailleurs a servi de point de départ à tout ce qui s'est fait de sérieux et de pratique dans cet ordre d'idées, et quand, plus tard, se sentant dépassé, il se remit à l'œuvre, ce fut pour donner à la science et à l'industrie un régulateur de lumière électrique satisfaisant de la façon la plus complète aux prévisions de la théorie et aux exigences de la pratique, véritable chef-d'œuvre qui jusqu'à présent n'a pas été surpassé.

C'est ainsi que, suivant l'expression heureuse de M. Dumas, il a été donné à Foucault d'avoir dans cette question le premier et le dernier mot.

Aussi, messieurs, quand nous voyons aujourd'hui la science se populariser dans les amphithéâtres en France et à l'étranger, grâce à l'emploi si répandu de la lumière électrique; quand nous voyons cette brillante lumière ajouter à l'éclat de nos fêtes publiques, de nos représentations théâtrales, et permettre d'utiliser les nuits elles-mêmes à l'exécution de ces travaux gigantesques, monument de l'activité fiévreuse de notre époque; quand l'électricité entretient au sein de nos phares un flambeau plus puissant; quand les navires, munis de ce flambeau protecteur, peuvent sillonner les mers sans craindre de funestes rencontres, n'est-il pas légitime que

nnaissance publique réserve un souvenir à l'homme
it le premier et le dernier pas dans cette voie si fé-

l'époque où Foucault révélait son génie inventif à côté
onné, il entreprenait quelques recherches en collabo-
vec M. Fizeau. L'union de deux esprits aussi origi-
pouvait produire que des œuvres remarquables, et
ils firent en commun, sur les interférences des rayons
ux et calorifiques, des expériences de la plus haute
nce. Les unes établissaient l'identité des radiations
que et lumineuse; les autres révélaient dans les mou-
s vibratoires de l'éther lumineux une régularité per-
qui s'étendait à plusieurs milliers d'oscillations.
leur collaboration eut peu de durée. En dehors du
mmun, chacun d'eux avait une série d'idées person-
u'il désirait exploiter seul. Ils se séparèrent donc, non
chirement de part et d'autre, et si leur amitié eut à
rir, la science n'y perdit pas. Elle a fait avec équité
de chacun, et nous ne pouvons qu'applaudir à la dé-
tion qui porta ces deux intelligences d'élite à affirmer
ne heure leur originalité propre dans des recherches
tement indépendantes.
remier travail que Foucault exécuta sans le secours
collaborateur fut son expérience si remarquable sur
paraison de la vitesse de la lumière dans l'air et les
transparents. Cette comparaison avait, aux yeux des
, la plus haute importance, car elle résolvait une ques-
éorique sur laquelle la science ne s'était pas encore
cée; elle permettait de décider si la lumière est une
tion matérielle des corps lumineux, ou un mouvement
toire transmis au sein d'un fluide répandu dans tout
rs.
o avait donné l'idée première de la méthode, et tenait
her son nom à une expérience qui permettait de pro-
sans appel entre Newton et Huyghens. Ce travail était
ncé, mais l'exécution fut retardée par des difficultés
nentales jusqu'au moment où la vue affaiblie d'Arago
permit plus d'en espérer la réalisation.
ault avait été frappé des difficultés presque insurmon-
que présentait l'expérience d'Arago. Il s'agissait en effet
ir au passage une image instantanée de position indé-
iée qu'un hasard heureux pouvait seul amener dans
e l'observateur. Par une disposition aussi ingénieuse
ttendue, véritable trait de génie, Foucault rendait l'ex-
ce facile en substituant à cette image fugitive et mobile
mage permanente et fixe qui en était la reproduction

périence fut faite pour la première fois le samedi
i 1850. Foucault avait porté le dernier coup à la théo-
l'émission. Qu'il nous soit permis de rappeler qu'au
nt de faire fonctionner son appareil, fruit de longues
, Foucault eut l'extrême délicatesse d'aller demander
go une autorisation que celui-ci ne pouvait guère lui
r. Néanmoins elle lui fut accordée avec tant de bonne
qu'on ne sait ce qu'on doit le plus admirer de la défé-
modeste du jeune savant ou de la noble condescen-
du vieillard.
s tard Foucault compléta son travail. L'addition d'un
e chronométrique, construit, sur ses indications, par
nt, lui permit de mesurer dans l'intérieur d'une cham-
vitesse absolue de la lumière, et d'apporter un élément
nouveau et certain dans la détermination de la distance qui sépare la terre du soleil.

Ce fut en 1850 que Foucault exécuta l'expérience à jamais célèbre du pendule. Installé d'abord dans une cave de sa maison, rue d'Assas, l'appareil fut transporté à l'Observatoire dans la salle de la méridienne. Puis, comme l'écrivait Foucault : « Le président de la République, dans sa haute sollicitude pour la science, voulut que cette expérience fût répétée magnifiquement au Panthéon. » Le pendule avait 57 mètres de hauteur, ses oscillations majestueuses duraient chacune huit secondes. De petits monticules de sable humide, installés sur une tablette circulaire autour de l'appareil, recevaient, à chaque oscillation, le choc d'une pointe fixée à la boule du pendule, et la brèche ainsi formée s'agrandissait à chaque fois de quelques millimètres vers la gauche de l'observateur. Par cet artifice aussi simple qu'ingénieux, l'habile expérimentateur rendait visible à tous le sens invariable, suivant lequel se produisait la déviation du plan d'oscillation.

Peu d'expériences eurent un aussi grand succès de popularité. L'Académie recevait chaque semaine quelque note sur ce sujet. L'auteur était accablé de lettres de toute nature. C'était à qui lui demanderait des éclaircissements, à qui lui adresserait des félicitations ou des critiques, à qui lui ferait hommage de théories destinées à expliquer ou à contredire son expérience. Dans cette correspondance volumineuse, où la vérité se mêle à l'erreur, le grotesque même a sa part :

« Monsieur, lui écrivait une personne, je serais désireux d'avoir une de vos pendules marchant par le mouvement de la terre. Où pourrai-je me la procurer? Je vous serais très-reconnaissant de vouloir bien me l'indiquer. »

On se demanda naturellement comment il se faisait que personne n'eût pensé à cette expérience si frappante, si démonstrative et si simple. Une recherche faite dans les procès-verbaux inédits de l'Académie del Cimento fit trouver quelques vagues indications d'une expérience analogue dans une phrase de Viviani, que personne n'avait remarquée auparavant. Érudition tardive, qui, tout en servant la science, eut surtout pour effet de venir en aide aux esprits jaloux à qui le succès de Foucault commençait à porter ombrage.

Ceux qui ont répété consciencieusement son expérience ont pu seuls se rendre compte des difficultés pratiques que présentait sa réalisation. Foucault a avoué qu'il ne les avait surmontées qu'après plusieurs années d'essais. C'est à sa persévérance, à sa ténacité, à la fermeté de ses convictions, qu'il a dû d'atteindre le but dans une voie que d'autres avaient peut-être tenté de parcourir avant lui, mais certainement sans succès.

Néanmoins il eut à cœur de prouver qu'il pouvait plus encore : l'expérience du pendule pouvait passer pour une heureuse inspiration; l'invention du gyroscope fut une œuvre savante longuement méditée, et par laquelle Foucault révélait un esprit d'analyse exceptionnel et un sentiment profond des vérités mécaniques. C'était dans les considérations les plus délicates de la dynamique qu'il lui fallait puiser ses arguments pour expliquer les évolutions singulières de cet appareil capricieux qui offre dans certaines directions des résistances inattendues au déplacement, se comporte parfois comme s'il était soustrait à l'action de la pesanteur, et enfin sert à démontrer sans aucune observation astronomique l'existence de la rotation terrestre, et jusqu'à la direction l'axe autour duquel cette rotation s'effectue.

Les expériences de Foucault ont fourni une confirmation brillante des principes formulés par Poinsot dans son élégante théorie des rotations, et n'ont pas été sans influence sur les études pratiques faites depuis cette époque pour élucider la théorie des projectiles à rotation rapide.

Le mouvement du gyroscope durait quelques minutes ; celui du pendule durait plus longtemps, mais en s'affaiblissant avec rapidité. Foucault, à l'aide d'un mécanisme électro-magnétique, dont les fonctions étaient merveilleusement étudiées, parvint à entretenir pendant plusieurs heures le mouvement du pendule, et cet appareil ingénieux fut installé à l'Exposition de 1855.

Foucault ne restait étranger à aucun des progrès de la science. Dès qu'une idée nouvelle se faisait jour, il en saisissait la portée avec un admirable instinct. C'est ainsi qu'il fut un des premiers en France à comprendre toute l'importance de la théorie mécanique de la chaleur, et il imagina, pour en démontrer le principe fondamental, une expérience devenue aujourd'hui classique.

Parmi les excursions qu'il fit dans le domaine de l'électricité, une des plus heureuses fut la suite de ses études sur l'appareil qui a popularisé le nom de M. Ruhmkorff.

Masson et Bréguet avaient les premiers obtenu d'une bobine à double fil, des étincelles à distance, la lumière dans le vide, et la charge d'un condensateur. M. Ruhmkorff, en donnant de meilleures proportions au fil inducteur et au fil induit, en remplaçant le noyau de fer doux par un faisceau de fil de fer, la roue dentée de M. Masson par l'interrupteur automatique de Neef, avait constitué un instrument nouveau, inférieur par les dimensions à l'appareil de Masson, plus commode et plus puissant. M. Fizeau, par l'adjonction d'un condensateur annexé au circuit inducteur, en augmenta la puissance. Foucault eut l'idée de grouper méthodiquement plusieurs bobines d'induction, de les mettre en jeu au moyen d'un interrupteur à mercure de son invention, et obtint ainsi le premier ce flot d'étincelles que donnent ces instruments merveilleux. Sans l'interrupteur de Foucault, il eût été bien difficile et même impossible de porter ces appareils au degré de puissance que M. Ruhmkorff atteint aujourd'hui.

Lorsqu'il exécutait ces brillantes expériences, il circulait avec calme au milieu de ces générateurs d'électricité d'où jaillissait la foudre, une main systématiquement fixée dans sa poche, l'autre armée d'une pince de bois, exécutant toutes les manœuvres nécessaires avec une aisance et un sang-froid admirables, et jamais aucun faux mouvement ne l'exposa à l'une de ces décharges terribles qui, pour lui surtout, n'eussent pas été sans danger.

La réorganisation de l'Observatoire impérial donna à Foucault une position officielle, il fut attaché à cet établissement avec le titre de physicien. Ces fonctions ouvraient un champ nouveau à son activité. Il s'était tracé et avait tracé à l'administration un brillant programme qu'il aurait certainement rempli. C'est pendant cette période de sa vie scientifique qu'il fit faire un pas considérable à la fabrication des grands instruments d'optique.

L'Observatoire avait fait, en 1855, l'acquisition de deux disques de flint et de crown fondus par MM. Chance (de Birmingham). Ces disques devaient servir à la construction d'une lunette dépassant en puissance tous les instruments connus. Foucault fut chargé d'en diriger l'exécution. C'est surtout dans ce long travail qu'on peut saisir les caractères de cette méthode lente, progressive, mais sûre, qu'il appliqua toutes ses recherches. Son intuition merveilleuse lui fit c prendre dès le début qu'il aurait bien plus à compter ave pratique qu'avec la théorie ; il commença donc par étud dans les ateliers de la maison Sécretan, les moyens de tra utilisés chez tous les opticiens. Il apporta dans cette ét toutes les ressources de son esprit d'analyse, et, pour com ter son instruction, il se fit ouvrier lui-même.

Les objectifs travaillés sous ses yeux furent soumis par aux essais habituels, c'est-à-dire à l'examen des objets te tres et des astres. Méthode défectueuse et incertaine que opticiens employaient faute de mieux, et qui rendait to les appréciations essentiellement dépendantes de la pu si variable de l'atmosphère.

De pareils moyens ne pouvaient satisfaire un expérim tateur aussi consciencieux ; il les pratiqua pour en const l'imperfection, et leur substitua immédiatement un pro plus sûr et plus correct. Il réalisait au foyer d'un miroi point brillant, sorte d'astre artificiel dont les rayons réfl par la surface du miroir rejaillissaient sous forme de fais parallèle, comme s'ils émanaient d'une étoile virtuelle si à une distance infinie ; c'était sur cette étoile qu'il vis l'aide des lunettes dont il voulait apprécier le degré de fection.

Il se servit, dans ses premiers essais, d'un miroir con de verre ; mais la lumière réfléchie faisait défaut. Ce fut qu'il eut l'idée heureuse de recouvrir la surface du verre dépôt infiniment mince d'argent, afin de décupler le po réflecteur sans altérer aucunement la courbure.

Le procédé d'argenture sur verre dû à M. Drayton, do avait pu apprécier l'efficacité dans ses recherches s vitesse de la lumière, lui permit de réaliser son idée. ainsi qu'il imagina, chemin faisant, le télescope à miroi verre argenté.

Foucault ignorait que peu de temps auparavant M. S heil, avec le concours de M. Liebig, avait réalisé la même de l'autre côté du Rhin.

Heureusement, la réclamation de priorité faite à ce n'arrêta pas l'élan de Foucault ; il fit construire plusieur lescopes, et reconnut avec surprise que les miroirs trav par des mains également habiles ou par la même main sentaient, au point de vue optique, une valeur très- rente.

Ce fut alors qu'il imagina des moyens entièrement veaux d'explorer les surfaces optiques. L'un de ces mo avait pour effet de centupler en quelque sorte le relief plus faibles irrégularités de la surface, et de les faire appar sous forme de saillies et de dépressions saisissables pour le moins exercé. Immédiatement Foucault eut l'idée de ler en quelque sorte ces saillies imperceptibles, en les par un polissage méthodique. Il y réussit.

L'ouvrier lui donnait une surface au poli éclatant, terminée en apparence, médiocre en réalité ; Foucault l nait en quelques heures au dernier degré de perfecti aimait à se comparer au sculpteur qui, par quelques r ches habiles, complète le travail du praticien, et don modelé d'un médaillon toute sa pureté artistique.

Avant lui le meilleur auxiliaire de l'opticien était un reux hasard. Pouvait-il en être autrement ? Quand un est usé jusqu'à ce dépoli presque transparent que les ciens appellent le dernier douci, les aspérités de la su

lément faibles, qu'elles sont invisibles même au mi-; le poli n'a d'autre effet que de régulariser la sur-abaissant le niveau de ces éminences imperceptibles paisseur est à peine de quelques dix-millièmes de tre. Or, c'est précisément dans cette épaisseur infi-mince que peuvent trouver place une infinité de sur-nt l'effet optique peut varier de la médiocrité à l'ex-erfection. Ces considérations nous donnent la mesure rdiesse de la méthode, et de l'importance du service ar Foucault.

donc légitime, malgré les essais antérieurs, de laisser à ces télescopes de verre argenté dont son système iche locale assura la perfection. Sans lui l'astronomie rait-elle aujourd'hui ces instruments légers et peu ? Sous un faible volume, ils présentent un pouvoir considérable; on peut les mouvoir aisément, les peu de frais : leur emploi est certainement appelé triser l'étude de l'astronomie physique si délaissée en en dehors des établissements de l'État. Si la déter-n des constantes de l'astronomie exige des instruments aute précision d'une installation coûteuse, et reste même le privilége des grands observatoires, l'obser-ure et simple des faits astronomiques est à la portée ntaires de la science, et, pour les esprits indépen-ui ont la noble ambition de se rendre utiles sans leur liberté, la création du télescope Foucault est un bienfait.

ucault s'était arrêté quelque temps à perfectionner les es, c'est qu'il comprenait que cette première étude avantage de le mettre en possession complète du tra-surfaces optiques ; mais il ne perdait pas de vue les , et lorsqu'il jugea le moment venu, il aborda résolû-tte seconde partie de ses études sur les instruments e. Mais cette fois les difficultés étaient bien plus En effet, dans un objectif de lunette, il y a deux t quatre surfaces. Il faut combiner les courbures de faces de façon à obtenir des images parfaitement tiques; il faut de plus donner à ces surfaces la forme ière qui assure à la vision son maximum de netteté. ultat est imparfait, il faut pouvoir en déterminer la imperfection de la matière vitreuse, mauvais choix bures, ou défaut dans le travail des surfaces.

s ces difficultés, Foucault les avait résolues. Il avait thode sûre pour reconnaître avant tout le degré de les verres, un système rapide pour arriver expérimen-t à l'achromatisme, un moyen certain de reconnaître orriger l'imperfection de l'une quelconque des sur-

na la mesure de son habileté dans la construction de jectifs. Le premier, qu'il voulait améliorer encore, cellent ; il appartient à l'Observatoire de Paris. Le c, supérieur à tout ce qui a été fait de meilleur dans es dimensions, est destiné à l'observatoire de Lima. donc à la veille d'aborder la construction du grand e de 1m,20 de diamètre, et de la lunette de 75 centi-destinés à l'Observatoire impérial de Paris. Si ce tra-t subi en apparence quelque retard, c'est que Foucault pas à s'engager à la légère, et n'entrait définitive-lice qu'armé de toutes pièces et assuré de la vic-

noyens si ingénieux imaginés par Foucault pour le travail des objectifs sont connus dans tous leurs détails du confident discret qu'il avait associé depuis cinq ans à ses tra-vaux d'optique. Ils ne seront pas perdus pour la science et pour le pays.

Par une des dernières manifestations de sa volonté, Fou-cault a mis à la disposition de M. Adolphe Martin les instru-ments mêmes qui lui avaient permis de réaliser son chef-d'œuvre. Il ne pouvait pas manifester d'une façon plus éclatante qu'il lui léguait le soin de continuer son œuvre et qu'il le considérait comme son seul collaborateur.

Puissions-nous donc voir terminer sans entraves ces tra-vaux si importants à l'exécution desquels Foucault s'était longuement préparé ! Puissions-nous ne pas avoir la douleur de voir l'étranger prendre l'avance, et enlever à notre pays la gloire d'appliquer pour la première fois à des instruments du premier ordre les procédés si remarquables dont Foucault est l'auteur !

Le dernier travail de ce savant si regretté, celui dans lequel malheureusement il usa ses forces, fut également conçu pour aider au progrès de l'astronomie. Nous voulons parler de ses recherches si étendues sur les régulateurs de vitesse.

La réalisation d'un mouvement rigoureusement uniforme dans les machines est un problème difficile et du plus grand intérêt. Sa solution rend possible la mesure des fractions les plus petites du temps. Elle permet de communiquer aux lunettes et aux télescopes ce mouvement régulier qui main-tient l'astre observé dans le champ de l'instrument, malgré la rotation de la terre, et assure à la fois la commodité des observations et la précision des mesures.

Ce problème, Foucault le résolut par une modification ingénieuse du modérateur de Watt. Séduit par le succès complet de l'application de son appareil aux instruments astronomiques et aux chronographes, il conçut la pensée de faire entrer son régulateur dans le domaine de l'industrie. En effet, la réalisation du mouvement uniforme ne présente pas moins d'intérêt pour l'industrie que pour la science. Les machines-outils ne produisent d'effets satisfaisants que quand elles sont employées à une vitesse convenable et toujours la même, et le moteur qui donne la vie à tout un atelier doit conserver la régularité de son mouvement, quel que soit à chaque instant le travail qui lui est accidentellement imposé. Ce problème, James Watt en donna le premier une solution élégante, mais imparfaite, et c'était une tentation bien sédui-sante pour Foucault de triompher là où James Watt n'avait obtenu qu'une victoire incomplète. Et d'ailleurs, à la suite et comme sanction du succès, Foucault entrevoyait une brillante fortune, non point qu'il fût avide d'argent, mais la fortune, c'était pour lui l'indépendance. Cette indépen-dance complète et absolue qu'il désirait si ardemment, c'était la possibilité de réaliser ses grandes idées dans un labora-toire modèle avec des instruments de prix. C'était, après tant d'années de travail pénible, le confortable dans le travail.

Mais dès que Foucault fut engagé dans la voie industrielle, il comprit trop tard que la tâche était plus lourde qu'il ne l'avait pensé ; il ne s'agissait pas d'introduire dans chaque ma-chine un organe nouveau, le substituant à un organe ancien, il fallait modifier les conditions de l'exécution suivant la dis-position de chaque moteur, suivant les exigences particulières de chaque industrie. Il avait cru le problème limité, le terrain circonscrit, et il se trouvait chaque jour en présence de solutions nouvelles et de circonstances imprévues.

Chaque nouveau choc faisait jaillir une étincelle de génie de sa tête surexcitée, chaque difficulté nouvelle était pour lui l'occasion d'une nouvelle victoire. Tous les appareils réglés par lui ont fonctionné avec une admirable précision.

Une des épreuves les plus décisives qu'il eut à subir fut celle de l'Exposition de 1867. Son dernier modèle de régulateur était installé sur une machine française de M. Flaud, chargée de la mise en mouvement des outils de la section américaine. Par un hasard malheureux, il avait à vaincre une difficulté qui ne se rencontre jamais dans l'industrie : faire mouvoir à la fois un métier à tisser des plus délicats, et des outils à travailler le bois, absorbant par moments une quantité énorme de travail mécanique, c'est-à-dire deux types extrêmes dans les machines-outils, l'un exigeant la régularité la plus absolue dans le mouvement, et l'autre apportant dans cette régularité le plus puissant élément de trouble. Tel fut le problème qu'il parvint à résoudre, mais au prix de quelle assiduité, de quelles angoisses! Chaque matin, dès l'ouverture des portes, il était à la section américaine, surveillant la marche de son régulateur; et quand il s'éloignait pour prendre part aux opérations du Jury, il était encore en esprit auprès de sa machine, prêt à parer à tout événement, tremblant de voir quelque circonstance imprévue donner prise à ses rivaux. Tant de persévérance fut récompensée par un triomphe complet, triomphe bien cruel, hélas! puisqu'il hâta sa fin.

Depuis plusieurs mois, en effet, Foucault se sentait fatigué, les travaux multipliés qu'il poursuivait usaient à la fois ses forces physiques et intellectuelles. Il luttait contre cette fatigue avec une sorte d'activité fébrile, accumulant invention sur invention, car il avait hâte de terminer cette campagne des régulateurs qu'il avait entreprise un peu pour justifier l'empressement avec lequel la section de mécanique de l'Institut l'avait accueilli. Il voulait revenir aux travaux de pure physique qui avaient été sa gloire. Son programme était tracé. « J'ai devant moi, dit-il, pour vingt ans de recherches. » Dans le charmant pavillon de la rue d'Assas qui devait lui appartenir un jour, tout se préparait pour lui rendre le travail facile. Un large balcon avait été construit pour recevoir le sidérostat, qui devait lui permettre de faire de l'astronomie physique au coin de son feu; son cabinet de travail avait été tendu d'une étoffe moelleuse aux tons doux, destinée à amortir les sons et à reposer la vue; des doubles fenêtres garnies de glaces épaisses arrêtaient les bruits du dehors, et il se préparait à recommencer, dans une douce retraite troublée de temps en temps par la causerie d'amis dévoués, ces méditations fécondes qui avaient déjà tant donné à la science. Malheureusement, nous le comprenons trop aujourd'hui, cette recherche du confortable était certainement inspirée par le désir instinctif de conserver à l'intelligence toute sa puissance créatrice en épargnant la fatigue à un organisme affaibli.

Mais il était trop tard, le 10 juillet 1867 les symptômes décisifs de la paralysie s'annonçaient chez lui par un engourdissement de la main qui l'empêchait de signer son nom. Dès la première heure il se sentit perdu, ses études médicales avaient été trop complètes pour qu'il pût se faire illusion. Bientôt la langue s'embarrassa, puis la vue fut atteinte : tout ce qui pouvait aider à la manifestation extérieure de la pensée lui faisait défaut, alors que son intelligence restait presque intacte. Cette intelligence merveilleuse, il l'employait à suivre les progrès de son mal, à en analyser les symptômes, et quand il s'efforçait de peindre ses souffrances à l'aid ces mots incohérents qui s'échappaient de sa bouche pa violent effort, c'était en termes d'une précision saisis qui accusaient la netteté persistante de ses idées. Cette tesse d'expression, qui était une de ses préoccupations stantes, il aimait à la retrouver chez les autres, et, quan de ses amis venait à traduire fidèlement sa pensée, sa fi s'illuminait un instant : « C'est ça, disait-il, c'est ça! » Pu retombait dans ses sombres préoccupations, le désespoir vahissait de nouveau, et alors ses yeux privés de lumiè remplissaient de larmes, ses mains tremblantes s'étend dans l'obscurité comme pour implorer. « Mon Dieu! D Dieu! s'écriait-il, qu'ai-je fait! » Affreux supplice pour l aussi pour sa mère, ses parents et ses amis, qui euren mois durant ce douloureux spectacle! Enfin, il succomb 11 février 1868. Dieu mettait un terme à ce long martyre

Quoique prévue, la mort de Léon Foucault causa en Fr et à l'étranger une douloureuse émotion. On sentait notre pays perdait une de ses illustrations, la science u ses gloires. La foule de ses admirateurs et de ses amis ac pagna sa dépouille mortelle jusqu'au champ du repos. L néral Morin, au nom de l'Institut, et M. Villarceau, au du Bureau des longitudes, prirent la parole sur sa to Enfin M. Bertrand parla le dernier, au nom des amis Foucault comptait dans les rangs de l'Institut et en de et se rendit l'interprète de leur douleur dans des adieux touchante simplicité.

Qu'allait devenir l'œuvre inachevée de ce savant si nal? Les documents qu'il avait pu laisser seraient-ils per Les confidences qu'il avait pu faire tomberaient-elles l'oubli? Ses travaux en cours d'exécution seraient-ils a donnés?

L'empereur ne l'a pas voulu. Par son ordre, le minist l'instruction publique a confié à quelques amis dévoués, fidents, héritiers et collaborateurs de Foucault, le soi réaliser cette pensée conservatrice (1).

Grâce à cette union de volontés puissantes et d'am dévouées; grâce aux libéralités personnelles du souve au concours empressé de sa mère et de la famille de l Foucault, cette pieuse mission sera remplie et sauvegar l'héritage scientifique d'un homme dont les découvertes enrichi la science et honoré le pays.

Devant la Société des amis des sciences, qu'il nous permis de rendre un respectueux et sincère hommag l'intérêt bienveillant que témoigne l'empereur pour to les recherches utiles, à cette générosité délicate qui spontanément en aide aux savants sans enchaîner en rien liberté. Foucault, nous le savons, s'honorait d'en avoir dant sa carrière scientifique ressenti plus d'une fois le b fait, mais il eût été bien profondément touché dans ses nières épreuves, s'il eût pu croire que cette auguste protec le suivrait par delà le tombeau.

Il semblait que la nature eût pris à tâche d'établir un traste saisissant entre l'organisation physique de L. Fou et sa puissance intellectuelle. Qui aurait pu deviner l'hom

(1) Cette commission est composée de : MM. Rolland, directeu néral des manufactures de l'État; Jules Regnault, directeur de la macie centrale, professeur à la Faculté de médecine; Wolf, astro à l'Observatoire impérial; Adolphe Martin, docteur ès sciences; L jous, professeur au Lycée Saint-Louis.

nie sous cette frêle apparence? Sa taille était peu élevée, e petite, le front peu développé, les yeux inégaux, l'un iement myope, l'autre presbyte. Aussi ne regardait-il le l'œil droit, tandis que l'œil gauche semblait aban- dans le vague. A cette disposition s'ajoutait une légère e de strabisme divergent qui donnait à son regard quel- hose d'étrange et de très-caractérisé.

pression de sa physionomie était ordinairement froide, titude modeste, son langage réservé, néanmoins l'en- e de sa personne était distingué; il avait même dans la rsation un charme tout particulier qu'augmentaient en- a finesse de son sourire, le timbre agréable de sa voix, ession douce et parfois caressante de son regard. Il s'étu- à racheter par l'exquise urbanité des formes ce qu'il y d'absolu dans ses idées et d'invariable dans ses convic-

it qu'en effet il n'avançait jamais une opinion sans s'y nûrement arrêté, et tout ce qu'il affirmait était le fruit gues études et de méditations sérieuses. Aussi était-on é de la profondeur et de l'originalité de ses vues lors- se livrait un peu dans ces causeries intimes du jeudi qui ssaient chez lui de nombreux savants. C'est ainsi que ffort, et par la sûreté de son jugement, il avait conquis us ceux qui l'entouraient une véritable autorité.

gré les lacunes de ses premières études, il eut la har- , dès le début de sa carrière scientifique, d'aborder les ons les plus ardues et les plus délicates. Chemin faisant, nplétait son instruction mathématique, apportant dans avail réparateur sa ténacité et son indépendance de ca- re. Aussi se fit-il une science à lui à laquelle il imprima chet indélébile de son originalité. Il en résumait les pes dans un langage symbolique dont ses amis les plus s avaient seuls l'habitude.

mme expérimentateur, Foucault était d'une adresse sans Tous les appareils destinés à ses premiers essais furent uits de ses mains avec une simplicité qui n'excluait pas nce, et avec un soin qui en assurait la précision. S'il fut dé parfois par les plus habiles constructeurs, il reconnut rs loyalement ce qu'il devait à leur coopération; mais uva chez quelques-uns un concours utile et précieux, ut à la merci d'aucun.

e réservait d'ailleurs qu'à lui-même le soin de mettre la re main à ses appareils, et d'en opérer le réglage défi- Il les faisait fonctionner avec une rare habileté et une le coquetterie. Dès qu'il avait réalisé une de ses mer- ses expériences, il l'installait à demeure dans sa mo- chambre, qui devenait le rendez-vous des savants du e entier (1).

t là qu'il recevait tour à tour les Magnus, les Jacobi, les tone, les Tyndall et tant d'autres, et Faraday, dont le égalait le génie, et cet excellent M. Delarive, non moins les savants, et toutes les illustrations de l'Institut de e que je ne puis nommer, car je craindrais que la pré- de plusieurs d'entre eux ne gênât l'expression de ma tueuse admiration.

C'est là que Foucault a vu venir à lui les hommes les plus éminents de la France et de l'étranger. C'est là qu'il a contracté d'illustres amitiés dont il avait le droit d'être fier, car elles n'avaient d'autre origine que l'attrait de son talent. Mais, hâtons-nous de le dire, elles ne l'ont jamais rendu moins accessible à des amitiés plus obscures, mais aussi dévouées, auxquelles il a tenu à honneur de rester fidèle dans la bonne comme dans la mauvaise fortune.

Foucault écrivait dans un style simple et correct, et dédaignait les artifices de langage sous lesquels se dissimule le vide de la pensée; il avait horreur du charlatanisme et de l'à peu près.

Tout travail, quelle que fût son origine, trouvait en lui un critique impartial et indépendant. Sans indulgence pour les œuvres médiocres, il avait des élans d'enthousiasme pour toute idée neuve, pour toute conception vraiment originale.

Incapable de dissimulation, il disait la vérité à tous sous une forme parfois incisive, jamais malveillante, mais avec tant de netteté et de finesse que le trait portait toujours au défaut de la cuirasse. Plût à Dieu que tous ceux qu'il blessa ainsi eussent eu la générosité de lui pardonner!

Jamais, dans la presse scientifique, au une plume ne fut tenue avec plus d'indépendance et de dignité. Si, faute d'emploi, il demanda au journalisme les ressources de chaque jour, il ne releva jamais que de sa conscience; il aima mieux manquer de souplesse que de droiture, et s'aliéner par sa sincérité la sympathie de quelques-uns, que de ne pas mériter par son courage l'estime de tous.

S'il fut incontestablement un homme de génie, il fut avant tout un honnête homme, et, dans sa vie trop courte mais si bien remplie, il n'eut jamais à se reprocher aucune faiblesse. Simple et modeste, il avait le jugement trop sûr pour ne pas avoir le sentiment exact de sa valeur, et s'il n'en tirait pas vanité, il avait assez d'estime de lui-même pour ne vouloir dans toutes ses épreuves d'autre appui que ses titres scientifiques.

Sa vie a été une lutte opiniâtre contre les difficultés de toute sorte qui attendent en ce monde les esprits indépendants. Son intelligence si puissante s'est usée avant l'âge dans le travail, mais du moins il a eu la satisfaction de voir qu'avant sa mort on lui rendait complète justice.

Il avait reçu dès 1855 une des plus hautes récompenses qu'un savant puisse ambitionner, cette médaille de Copley que la Société royale de Londres décerne chaque année, sans distinction de nationalité, aux travaux les plus éminents, aux découvertes les plus originales. En 1862, il prenait place au Bureau des longitudes. Plus tard l'Académie de Berlin et la Société royale de Londres et tous les corps savants de l'étranger l'appelaient spontanément dans leur sein. Enfin, en 1866, les portes de l'Institut s'ouvraient devant lui.

C'était la sanction suprême donnée à ses éminents travaux. Il l'avait attendue longtemps et laborieusement conquise. Il n'en jouit, hélas! que bien peu. Mais du moins les amis des sciences sont heureux de penser que notre premier corps savant, qui a toujours tenu à honneur d'appeler dans son sein les illustrations scientifiques de la France, n'a pas eu le regret de dire de Léon Foucault ce que l'Académie française écrivit tardivement sous le buste de Molière:

Rien ne manque à sa gloire, il manquait à la nôtre.

LISSAJOUS.

---

(1) Foucault, par son testament, a légué au Collége de France le gy- e; au Conservatoire des arts et métiers, le pendule du Panthéon i de l'Exposition de 1855; à l'Observatoire, l'appareil qui a servi sure de la vitesse de la lumière, et laissé tous les autres appa- instruments de travail à M. Jules Regnault, le plus ancien de is.

M. J. MAURAT

Des mouvements vibratoires qui accompagnent l'écoulement des gaz et des liquides

L'effet le plus apparent des forces naturelles est de transporter dans l'espace ou de faire tourner autour d'un axe les corps soumis à leur action. Ces deux phénomènes qui, dans la plupart des cas, se produisent simultanément, ont le caractère commun de ne rien changer aux positions relatives des molécules d'un même mobile.

Ce sont les mouvements de cette nature, par exemple ceux qui sont dus à la pesanteur, que les physiciens ont d'abord étudiés. Leurs lois, déterminées à la fois par le raisonnement et l'expérience, ont fourni les fondements de la mécanique rationnelle, et aujourd'hui les principes généraux de cette science, parfaitement établis et d'ailleurs peu nombreux, permettent d'appliquer le calcul à tous les problèmes, et l'on ne doit considérer que des translations et des rotations.

Mais une observation plus attentive montre que de tels mouvements ne se produisent presque jamais seuls ; ils sont en général accompagnés de mouvements vibratoires qu'on ne peut négliger dans une théorie complète. Tel est le cas du choc des corps élastiques, où il faut tenir compte des vibrations communiquées aux deux masses, si l'on veut expliquer la perte de force vive révélée par l'observation. La même chose se présente dans l'écoulement des liquides et des gaz, dont beaucoup de particularités remarquables, nettement accusées par l'expérience, ne peuvent être attribuées qu'à des mouvements vibratoires de la veine fluide. C'est précisément ce dernier fait que je me propose aujourd'hui de vous démontrer.

Les vibrations qui accompagnent l'écoulement et dont je veux prouver l'existence constante, ne sont pas toujours faciles à reconnaître. Lorsque la vitesse est trop faible, elles sont la plupart du temps insensibles, et ne se manifestent que par l'emploi de procédés particuliers ; mais dès que la pression est suffisante, elles se révèlent d'elles-mêmes par le son qu'elles produisent. Telle est la cause du sifflement de la vapeur ou de l'air comprimé ; nous pouvons même citer pour exemple cet échappement violent et brusque qui constitue l'explosion d'un mélange détonant ou d'une arme à feu. Le développement instantané de l'énorme quantité de gaz qui se dégage dans cette circonstance n'a pas seulement pour effet de l'animer, ainsi que le projectile qu'elle entraîne, d'une vitesse de translation considérable, mais il communique en outre à toute cette masse gazeuse et à l'air environnant un mouvement vibratoire d'une si grande énergie, qu'il donne naissance aux sons les plus intenses que nous sachions produire.

L'impression qu'une commotion de ce genre fait éprouver à l'oreille dépend beaucoup de la densité de l'atmosphère où elle a lieu. On sait combien est faible le bruit d'un coup de pistolet tiré dans un air raréfié comme celui qu'on trouve au sommet du mont Blanc ; si cette explosion se produisait dans le vide, elle ne devrait donc plus être entendue du tout, et je vous demande la permission de répéter devant vous cette expérience, bien qu'elle ne se rattache qu'indirectement à notre sujet.

Sous cette grande cloche de 50 à 60 centimètres de hauteur (fig. 58), et qui repose sur la platine de la machine pneumatique, nous avons placé verticalement un pistolet, solidement assujetti à une pièce métallique séparée de la platine par une sorte de coussin de caoutchouc. Une tige de cuivre traversant la boîte à cuir que porte la partie supérieure de la cloche nous permet de presser la détente. J'abaisse cette tige ; un nuage de fumée apparaît aussitôt ; nous entendons un petit coup sec, dû au choc de la bourre contre le verre, mais l'explosion elle-même n'a produit aucun bruit.

Bien que cette expérience ne soit qu'une variété de celles qui démontrent que le son ne se propage pas dans le vide, elle est moins simple pourtant que la plupart d'entre elles. En effet, si le vide existe avant l'explosion, il cesse au moment même où elle a lieu. Cependant il suffit de considérer les dimensions de la cloche pour comprendre que l'influence des gaz produits par la combustion doit être insensible. La cloche n'a pas moins de quinze litres de capacité. Le poids de la poudre employée pour charger ce petit pistolet n'atteint pas 1 gramme, et par conséquent, en admettant, d'après les meilleurs expérimentateurs, que le volume des gaz dégagés par la combustion d'un gramme de poudre, à la température de 3300 degrés environ, où ils se forment, soit de 193 centimètres cubes, cette quantité de gaz, inférieure à 1/5 de litre, devrait à peine produire sous la cloche une pression de $\frac{1}{75}$ d'atmosphère, c'est-à-dire d'un centimètre de mercure. Mais, en réalité, le refroidissement dû à la chaleur absorbée par le canon et par la cloche diminue bien davantage encore cette faible pression, et le manomètre ne nous accuse en effet qu'une variation de quelques millimètres. Il ne sera pas inutile de remarquer en passant que cette expérience peut fournir un moyen fort commode d'étudier les produits de la combustion de la poudre.

Mais laissons de côté les explosions, où le fait dont nous voulons démontrer la généralité est trop évident, et considérons l'écoulement des gaz dans les circonstances ordinaires.

Il n'est pas nécessaire, pour qu'une veine gazeuse soit en vibration, qu'elle s'échappe violemment du réservoir sous l'influence d'une pression considérable. Des pressions mesurées par des colonnes d'eau de 2 à 10 centimètres de hauteur suffisent, ainsi que le prouvent les nombreuses expériences de M. Masson.

Ce physicien a constaté qu'il se produit des sons, quand on fait simplement écouler, par des orifices circulaires convenables, l'air comprimé dans une grande caisse au moyen d'une soufflerie. Le bruit qu'on entend est analogue à un sifflement, et formé par un mélange fort complexe de sons qui diffèrent à la fois par la hauteur et l'intensité. Si l'on entoure la veine gazeuse ainsi produite d'un tube cylindrique dont elle occupe l'axe, la colonne d'air de ce tube sera ébranlée par ceux des mouvements vibratoires de la veine qu'il peut renforcer, et l'on entendra un son musical très-pur et facilement déterminable. L'appareil sera un véritable tuyau d'orgue.

Cette expérience est une preuve directe du fait que je me propose de mettre en évidence ; je vais chercher à en vérifier devant vous quelques conséquences remarquables.

Une flamme n'est autre chose qu'une veine gazeuse incandescente ; elle doit donc, d'après ce qui précède, être animée de mouvements vibratoires. S'ils ne sont pas toujours sensibles, c'est que leur amplitude peut être fort petite ; mais ils existent et deviendront manifestes par l'emploi du moyen qui vient d'être indiqué, c'est-à-dire d'un tube recouvrant la flamme et jouant le rôle de tuyau renforçant.

roduis donc doucement dans un long et large tube de a flamme de ce petit bec de gaz d'éclairage ; la voilà rétrécit, puis s'agite de plus en plus rapidement, et nous fait entendre un son retentissant. Avec une flamme tube de plus grandes dimensions, les vibrations pour- être assez puissantes pour se communiquer d'une ma- sensible à la table et même au plancher de cet amphi- e.

ommençons l'expérience, et examinons attentivement mme quand son mouvement n'est pas encore assez ra- our faire résonner le tube. Elle s'allonge et se raccour- rnativement : tantôt elle s'élance à une grande hau- antôt au contraire elle semble rentrer dans le tube de l'extrémité duquel elle brûle. Au moment où le son luit, ces changements se font tellement vite, qu'ils de- nt insaisissables, et la flamme semble être redevenue e aussi calme que lorsqu'elle brûlait librement dans sphère. Une expérience bien simple va nous montrer est au contraire plus agitée que jamais. Regardons-la miroir auquel on imprime un mouvement de rotation d'un axe vertical. L'image vue par chacun de vous cause du mouvement du miroir, se déplacer à tout ; et par suite, si la flamme ne variait pas de dimen- vous observeriez une bande lumineuse continue et qui partout d'égale hauteur.

eu de cette apparence, vous voyez dans le miroir une e flammes juxtaposées, nettement séparées les unes des par des espaces obscurs. Cela nous prouve que la e brille seulement par intervalles, qu'elle s'éteint et se ne pour produire chacune des images que nous obser- et enfin que ses modifications rapides sont la cause du ment vibratoire communiqué à l'air. Toutefois la com- ne cesse pas entièrement à chaque vibration; un exa- tentif du phénomène qui se peint dans le miroir nous en effet de nouvelles images beaucoup plus petites et lles que les premières, occupant les espaces obscurs s laissent entre elles. Il faut en conclure que la flamme e seulement de très-grandes variations de volume et

omprend cependant que si l'amplitude des oscillations t trop considérable, l'air pourra refouler la flamme intérieur du bec assez profondément pour l'éteindre. e qui arrive lorsque je l'enfonce outre mesure dans le ube qui la recouvre. Quelquefois il se produit à ce mo- une explosion qui peut être violente, si l'on se sert d'un r de grandes dimensions. L'explication en est facile : ons en effet que dans la première partie d'une vibra- ir rentre dans l'intérieur du bec en repoussant devant lamme, mais sans la refroidir assez pour l'éteindre ; it la seconde moitié de la même vibration, ce n'est pas pur, mais bien un mélange de gaz et d'air qui sortira e, et son inflammation devra produire une détonation le.

arquons à ce sujet que le mélange d'air et de gaz se jours plus ou moins complétement dans une flamme nque, même brûlant à l'air libre. Il n'a pas lieu seule- la surface, mais dans une région très-étendue, puis- comprend toute la partie éclairante. S'il ne se produit xplosions, c'est qu'un équilibre s'établit entre l'arrivée et l'afflux de l'air extérieur, de sorte que les mêmes de l'espace sont le siége d'un phénomène de combus- tion qui ne varie pas sensiblement d'un instant à l'autre. Il n'en est pas de même dès que le courant gazeux vibre forte- ment. Les vitesses, alternativement de sens contraires, dont sont alors animés le gaz et l'air environnant, favorisent beau- coup leur mélange. La combustion devient donc intermittente et instantanée, c'est-à-dire qu'elle se fait par une série de petites explosions. La dernière d'entre elles, celle qui produit l'extinction de la flamme, doit être pour cela même d'une intensité exceptionnelle, puisqu'elle est immédiatement sui- vie d'une diminution considérable du volume de la veine gazeuse, conséquence de son refroidissement subit.

Presque toutes les théories du phénomène des flammes chantantes ont attribué la production du son à la série d'ex- plosions dont nous venons de parler. On voit que l'explication sera vraie, si, d'une part, on admet que ces explosions peu- vent être très-faibles, et même se réduire à de simples varia- tions dans le volume de la flamme, et si, d'autre part, on ajoute qu'elles sont la conséquence de mouvements vibra- toires originairement produits par le seul fait de l'écoule- ment, et renforcés ensuite par l'influence du tube agissant comme un tuyau d'orgue.



Fig. 58.

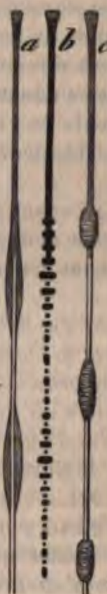


Fig. 59, 60, 61.

Il est facile, d'après cela, d'expliquer les expériences sui- vantes de M. Tyndall. J'introduis la flamme dans le large tube de verre, et je l'y enfonce juste assez pour que, sans lui faire rendre aucun son, elle soit cependant très-voisine de la position où elle aurait cet effet. J'émets alors, avec la voix, précisément le son qui peut être renforcé par le tube : la flamme se met à chanter; je fais entendre une note diffé- rente : elle est sans action sur la flamme, qui reste silencieuse. Avec un peu de persévérance, on parvient à trouver une po- sition où la flamme répond à la voix seulement pendant quel- ques instants, de sorte qu'on peut entretenir une sorte de conversation avec elle, à condition de ne jamais s'écarter du ton convenable.

Le tube recouvrant la flamme est donc tout à fait compa- rable à ces appareils renforçants qui servent aux physiciens à démêler un son déterminé au milieu d'un bruit confus, et

que M. Helmholtz a employés si heureusement, sous le nom de résonnateurs, à reconnaître les harmoniques qui donnent à chacune des voyelles son timbre particulier (1).

S'il en est ainsi, on peut prévoir que la production d'un des sons qui existent virtuellement dans une flamme, même brûlant à l'air libre, déterminera la prédominance dans la sortie rhythmée du gaz de la période correspondante. Cet effet ne sera pas en général assez intense pour rendre la flamme sonore comme dans les expériences précédentes, mais il suffira pour changer notablement ses dimensions et sa forme. Il ne pourra pas d'ailleurs durer plus longtemps que la cause qui le produit, et par conséquent le changement éprouvé par la flamme durera juste le même temps que le son qui l'aura déterminé.

Il suffit, pour obtenir ces résultats, d'avoir des flammes dont les mouvements vibratoires aient une certaine intensité; leur hauteur doit être de 25 à 30 centimètres, et la pression qui détermine l'écoulement du gaz ne doit pas être de beaucoup inférieure à 40 millimètres d'eau.

Voici, par exemple, une flamme de 45 centimètres de hauteur; elle s'échappe d'un tube de verre effilé à la lampe, dont l'orifice conique a environ 2 millimètres de diamètre; elle ne fait entendre aucun ronflement : mais cette observation ne nous autorise point à conclure qu'elle n'est pas animée de mouvements vibratoires; elle nous prouve seulement que ces mouvements ont une faible amplitude; ils sont d'ailleurs vraisemblablement très-nombreux et de périodes fort diverses.

Je fais résonner ce sifflet, immédiatement la flamme se raccourcit de moitié ou même des deux tiers. C'est que, parmi les vibrations compatibles avec la sortie du gaz, il s'en trouve qui ont la même période que le son du sifflet ou les harmoniques qui l'accompagnent, et, par suite, ces mouvements deviennent prédominants. Or on comprend que la forme de la flamme, brûlant librement à l'air comme celle de la flamme recouverte d'un tube, soit étroitement liée à la période des vibrations qu'elle exécute; donc elle changera en général d'aspect. Ordinairement elle se raccourcit, et cela paraîtra tout naturel, si l'on remarque que sa forme, quand elle ne subit l'influence d'aucun son, doit être la superposition de toutes celles qu'elle prendrait, si chacun des mouvements vibratoires qu'elle possède existait seul. Quelquefois cependant elle s'allonge, et l'on s'en rendra compte en admettant que la production du son étranger détermine la prédominance momentanée des vibrations excessivement faibles dans l'état ordinaire, et qui, existant seules, auraient produit une flamme très-longue.

Il résulte de ce qui précède que tous les sons possibles ne doivent point agir, et que le nombre de ceux qui seront efficaces pourra varier beaucoup d'une flamme à une autre. En voici une médiocrement sensible; le son du sifflet la fait changer notablement de forme, tandis que celui de ce diapason, exécutant cinq cent douze vibrations par seconde, est complétement inactif. Cette autre flamme, très-sensible, est au contraire impressionnée par le moindre bruit : à une distance de plusieurs mètres, le choc de deux pièces de monnaie la réduit au tiers de sa longueur; l'agitation d'un trousseau de clefs, le froissement d'une feuille de papier, la font en quelque sorte entrer en convulsions. Elle tressaille à chacune de mes paroles : les unes ne provoquent qu'une légère contraction, tandis qu'elle répond à d'autres par une inclinaison profonde. Je prononce sur le même ton les voyelles *o*, *u*, *ou*, *i*, *a*; les trois premières sont peu efficaces, mais l'avant-dernière, et surtout la dernière, produisent une diminution de longueur considérable. C'est que la note fondamentale est accompagnée, dans ces divers cas, d'harmoniques fort différents, et pour les deux dernières voyelles les harmoniques prédominants sont les plus aigus. Or, l'action énergique du sifflet nous montre précisément que notre flamme est bien plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves.

Le sifflement de l'*s* et l'articulation du *ch* exercent aussi une action spéciale; cela n'est pas étonnant, ils correspondent, ainsi d'ailleurs que les lettres *f* et *r*, à un timbre particulier. Remarquez, en effet, que ces consonnes sont les seules dont les sons puissent être soutenus pendant un temps quelconque et reconnus nettement par un observateur qui n'aurait pas entendu l'articulation initiale; toutes les autres correspondent au contraire à un timbre de peu de durée, essentiellement transitoire, qui ne se fait entendre qu'au moment même de l'articulation. Quelque singulière que puisse paraître cette proposition, je n'hésite pas à assimiler ces lettres à des voyelles; elles correspondent certainement à des harmoniques spéciaux, et ces harmoniques doivent être aigus pour l'*s* et le *ch*, comme nous le montre leur action sur les flammes (1).

MM. Tyndall et Barret ont varié de mille manières les expériences sur les flammes sensibles : si, par exemple, après avoir fait vibrer une plaque métallique, on en présente successivement les différentes parties à une flamme comme celle que nous avions tout à l'heure, on distinguera facilement la position des nœuds et des ventres, à la différence des effets que produisent ces diverses régions de la plaque. — Ils ont opéré aussi avec des veines gazeuses non enflammées; dans ce cas, il faut les rendre visibles au moyen d'une poudre très-fine, ou de fumée tenue en suspension dans le courant de gaz. — On peut alors répéter toutes les expériences précédentes, elles réussissent parfaitement si l'air ambiant est suffisamment calme. Savart avait déjà observé ce qu'il y a d'essentiel dans ces phénomènes, en opérant avec des courants d'air qu'il obligeait à traverser une boîte remplie de poudre de lycopode. On distinguait sur la veine des renflements et des étranglements, qui étaient le siége de mouvements vibratoires très-marqués. La même chose s'observe sur le jet de vapeur qui s'élance de la marmite de Papin, et si on le reçoit sur une membrane tendue, les vibrations que le courant lui imprime deviennent capables de produire un son très-intense.

Mais les expériences de Savart ont surtout eu pour objet l'étude des veines liquides, où je veux maintenant vous montrer l'existence des mouvements vibratoires tout à fait analogues à ceux que nous venons de constater.

Commençons par rappeler quelle est, d'après Savart, la constitution d'une veine liquide verticale s'écoulant par un orifice pratiqué en mince paroi.

La partie la plus voisine de l'orifice est limpide et transpa-

(1) Voyez une conférence de M. Helmholtz sur les *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*, dans notre tome IV, page 177, 16 février 1867.

(1) Voyez une conférence de M. J. Tyndall sur *les Flammes sonores et sensibles*, dans notre tome IV, page 200, 23 février 1867.

semble (au moins quand on ne l'examine pas avec tions particulières) immobile comme une baguette A la suite, on voit une seconde partie trouble et des renflements et des étranglements alternatifs, tion reste à très-peu près constante, bien qu'ils ués par des portions de liquide qui se renouvel- nuellement. Cet aspect de la veine est fidèlement par la figure suivante que nous projetons sur le g. 59, a).

ons d'abord que la seconde partie de la veine doit rence trouble à sa discontinuité. Elle est formée, en que le représente la figure 60, b, de gouttes sépa- laissent même entre elles des intervalles considé- ativement à leur diamètre.

n assurer, on peut passer rapidement le doigt à partie trouble; il arrive souvent qu'il n'est pas n peut encore, après avoir très-fortement coloré avec une dissolution d'indigo, tendre verticale- ière la veine un fil suffisamment éclairé. Ce fil sera la première partie qui est continue, mais il sera vu re facilement à travers la seconde. L'expérience aincante encore si l'on emploie un liquide alco- aque comme le mercure. Enfin il suffit de suivre le mouvement des gouttes, en regardant la veine de s, pour les apercevoir nettement distinctes.

peut être la cause de ce phénomène remarquable ? ne explication en a été donnée par M. Plateau. Il a duit de la théorie des phénomènes capillaires de ue la sphère, le cylindre, le plan, sont trois figures que peut prendre un liquide uniquement soumis s mutuelles de ses molécules; il a cherché ensuite ce fait par l'expérience.

la, il introduisait, au moyen d'une pipette, un peu u milieu d'un autre liquide ayant exactement la nsité, et qu'il obtenait en faisant un mélange d'al- au en proportions convenables. Abandonnée à elle- petite masse d'huile prend spontanément la forme ère; mais on peut aussi, par des procédés fort sim- nir un cylindre ou un plan. Toutefois, pour le cy- équilibre cesse d'être stable dès que la hauteur de la asse le triple de son diamètre.

en assurer, il suffit de prendre deux petits disques es soutenus horizontalement par un support qui faire varier leur distance. On les applique sur la uile en suspension dans le mélange alcoolique, et, rtant doucement, on ne tarde pas à voir cette sphère mer en un cylindre. Mais, dès que l'écartement est , la figure se détruit et se résout en grosses sphères ar des sphérules de dimensions beaucoup plus pe- emps nécessaire à cette transformation paraît être nel au diamètre du cylindre. Les mêmes faits ont és, par d'autres moyens, avec le mercure.

veine n'est autre chose qu'un cylindre liquide en t dans le sens de son axe. L'inégalité de vitesse de ntes parties, qui tend sans cesse à diminuer son dia- t bien modifier un peu le phénomène; mais elle idemment en changer la nature, car, pour des mo- éloignées, cette inégalité est très-faible. La veine t donc, à partir d'une très-petite distance de l'ori- encer à subir la même transformation que le cy- ile dont nous parlions tout à l'heure; c'est la rapidité seule du mouvement qui nous cache les renflements et étranglements qui s'y produisent, et dont Savart a en effet constaté l'existence.

La partie trouble ne commence qu'au moment où la discontinuité est établie, c'est-à-dire quand la transformation est complète. Or, puisque sa durée est proportionnelle au diamètre, et que d'ailleurs la vitesse d'écoulement est à son tour proportionnelle à la racine carrée de la charge, la longueur de la partie limpide d'une veine devra être aussi proportionnelle à ces deux quantités, ce qui résulte en effet des mesures de Savart.

Je ne puis répéter ici les expériences de M. Plateau sur les figures d'équilibre des liquides; mais il m'est facile de vous montrer le fait fondamental sur lequel repose toute sa théorie, la subdivision d'un cylindre liquide en gouttelettes, lorsque sa longueur est trop grande. A travers ce fil d'acier de 2 millimètres environ de diamètre, je fais passer le courant d'une forte pile; le fil fond et se transforme en une multitude de gouttes qui tombent sur la table. Si je recommence l'expérience et que je l'arrête avant d'avoir produit la fusion complète, il se forme des renflements et des étranglements très-réguliers. Pour vous les mieux faire voir, je place le fil refroidi dans notre appareil de projection, de manière qu'une image fortement grossie vienne se peindre sur le tableau, et vous reconnaissez effectivement qu'il s'est transformé en une série de petites perles d'acier fondu.

Quand le cylindre liquide se résout en gouttes, celles-ci, comme nous l'avons dit et comme l'expérience le démontre, doivent être de deux sortes, les unes grosses, les autres fort petites. Parlons d'abord des grosses gouttes.

Leurs différentes molécules ne sont pas animées exactement de la même vitesse, puisqu'elles appartenaient à des points de la veine inégalement éloignés de l'orifice. Ces différences de vitesse ont évidemment pour effet de les déformer, et comme elles tendent toujours à revenir à l'état sphérique, elles exécuteront des vibrations qui leur donneront tantôt l'apparence d'ellipsoïdes allongés dans le sens vertical, tantôt, au contraire, d'ellipsoïdes aplatis dans le même sens.

En conséquence, la veine présentera, dans sa partie trouble, des renflements correspondant aux gouttes qui sont, dans le premier cas, des étranglements correspondant à celles qui sont dans le second, et les vibrations étant sensiblement isochrones, les distances d'un ventre au suivant devront croître comme les espaces qu'un corps pesant parcourt dans les secondes successives de sa chute, c'est-à-dire comme la série des nombres impairs.

Telle est, en effet, la constitution de la veine que nous montre la figure. Vous voyez quels changements de forme subissent les gouttes. Mais il faut expliquer pourquoi nous ne les distinguons pas sur la veine liquide elle-même, et pourquoi l'apparence est si différente de la réalité. Cela tient à ce que l'impression produite sur notre œil par une goutte, au moment où elle passe en un point déterminé, persiste encore quelque temps après qu'elle a abandonné ce point. Elle doit donc apparaître à la fois dans toutes les positions qu'elle n'occupe que successivement, de sorte que l'effet est le même si, entre les deux positions extrêmes considérées, il y avait un filet liquide continu. De plus, puisque le diamètre horizontal de la goutte varie périodiquement, la largeur de ce filet liquide ne sera point uniforme; il nous [illegible] une

série de ventres et de nœuds correspondants aux deux formes extrêmes, entre lesquelles varie la figure de la goutte.

Vous comprenez aussi pourquoi la discontinuité deviendra immédiatement sensible, si nous suivons du regard le mouvement du liquide ; dans ce cas, l'axe optique de l'œil se déplace de manière à maintenir toujours au même point de la rétine l'image de la goutte mobile ; elle devra donc nous apparaître comme si elle était en repos, et par conséquent isolée des gouttes voisines.

Cherchons maintenant quel doit être l'effet sur le milieu ambiant de la veine constituée comme nous venons de l'expliquer. La succession régulière des gouttes en un point déterminé communique nécessairement à l'air des impulsions périodiques égales, capables de produire un son, si elles sont assez rapides. C'est en effet ce que l'expérience vérifie dans la plupart des cas. Il est vrai que le son est ordinairement très-faible, et que pour l'entendre, il faut approcher l'oreille très-près de la veine ; mais on peut l'obtenir plus intense. On choisira pour cela un orifice circulaire assez large, afin que les gouttes soient plus grosses ; on fera écouler le liquide bien verticalement et sous une pression suffisante, pour que les impulsions soient plus fortes ; enfin il conviendra d'atténuer autant que possible le bruit de la chute dans le réservoir inférieur.

Voici une veine qui remplit ces conditions : elle s'échappe d'un tuyau de zinc de 2 mètres de hauteur et de 15 à 20 centimètres de largeur, par un orifice en mince paroi dont le diamètre est d'environ 5 millimètres. Nous la faisons tomber sur un linge qui amortit entièrement le bruit du choc, ou bien encore nous la dirigeons dans l'axe du tube de plomb, qui met en communication avec l'extérieur le centre du bassin placé au-dessous de notre appareil. Dans ces circonstances, où le bruit de la chute est entièrement supprimé, nous obtenons un son musical très-facilement entendu de toutes les parties de l'amphithéâtre.

Le son ne se produit pas toujours dès le début de l'écoulement. Au moment où il prend naissance, on remarque un changement notable dans la veine (fig. 61, c) : la partie limpide se raccourcit considérablement, les nœuds et les ventres deviennent plus prononcés. Un son de la même hauteur produit dans le voisinage aurait un résultat identique, et enfin le même effet serait encore obtenu, quoique avec une intensité un peu moindre, par un son différent, pourvu qu'il ne fût pas séparé du premier par un intervalle trop grand.

Ces faits ont la plus grande analogie avec ceux que nous observions tout à l'heure pour les veines gazeuses ; ils s'expliquent facilement si l'on admet que les vibrations de l'air ambiant influent sur la manière dont un cylindre de dimensions déterminées se résout en gouttelettes, et sur le temps nécessaire pour cette transformation. En général, les vibrations extérieures la rendront plus rapide, et par conséquent raccourciront la partie transparente ; comme d'ailleurs plusieurs modes de subdivision, et par suite plusieurs périodes de mouvement vibratoire, sont vraisemblablement possibles pour un même cylindre liquide, on comprend que des sons très-divers puissent produire des effets de même genre. Enfin il résulte encore de là, que les plus légères influences extérieures pourront faire varier la période de vibration d'une veine sonore dont le son passera alors en général, sans *cause appréciable*, d'un harmonique à un autre : c'est en effet ce qui arrive dans l'expérience dont moins.

Quant aux petites gouttelettes dont j'ai indiqu les minimes déformations qu'elles pourraient su demment insensibles ; elles doivent produire d la sensation d'un cylindre parfaitement régulie tingue en effet même au milieu des renflement trouble ; il ressemble à un petit tube creux pla de la veine. Vous avez pu le remarquer dans l nous avons projetée sur le tableau.

Je vais chercher, en terminant, à vous montr gouttes isolées qui constituent la partie trouble Pour cela on peut employer bien des moyens : exemple, éclairer le jet liquide par une lumière telle que l'étincelle d'une forte machine d'induc cédé ne m'a pas paru rendre le phénomène assez toutes les parties de ce vaste amphithéâtre ; le laisse peut-être encore quelque chose à désirer, satisfaisant.

Devant la lentille de notre appareil de proj faisons tomber une veine de mercure d'environ 3 de diamètre. La lumière de la lampe électriqu arriver à cette veine, traverser une ouverture d tangulaire, qui peut être alternativement ouver par les échancrures que porte le bord d'un disq animé d'un mouvement de rotation très-rapide ainsi des intermittences de lumière dont la péri facilement réglée et maintenue constante.

Je suppose que la durée de cette période soit celle du mouvement vibratoire de la veine de n en d'autres termes, qu'elle soit égale au temps une goutte pour prendre la place de la précéden rons alors un instant très-court pendant lequel passe ; l'image des gouttes dans la position qu'el alors viendra se peindre sur le tableau ; puis la l interceptée, et cependant notre œil, vivement l'impression qu'il a reçue, continuera à en éprou tion jusqu'au moment où elle reparaîtra de nouv tement à cet instant, une nouvelle goutte, tout à fa avec la première, sera venue prendre sa place ; image, qui ne différera en rien de la précédente, donc, et par conséquent nous croirons toujours v goutte : la veine nous apparaîtra telle qu'elle es comme si elle était immobilisée dans une de ses p un mot, nous reconnaîtrons la figure théorique montrais il y a peu d'instants.

Si la durée des intermittences lumineuses est grande que la période des vibrations de la vein que nous apercevrons au moment de la réappa lumière n'occupera pas exactement la même p précédente : elle sera située un peu plus bas, sera un peu modifiée. Mais, comme ces différence faibles, nous croirons voir encore la même goutte déplacée et déformée. La veine nous paraîtra do discontinue, mais les gouttes dont elle se compo ront marcher toutes dans le sens de l'écoulemen verrons en même temps changer de forme d'autan tement, qu'il y aura moins de différence entre la intermittences lumineuses et la période d vibratoires.

J'ai supposé, dans le raisonnement q

de ces deux quantités était supérieure à la seconde; nir que si l'inverse avait lieu, cela n'aurait d'autre de renverser le sens du mouvement apparent de on des gouttes. Les deux cas vont se produire sucent dans notre appareil, dont la vitesse va en s'accélu à peu. Elle atteint en ce moment la valeur convet les gouttes se projettent sur le tableau dans une presque fixe qui nous permet de bien apprécier les es qui les séparent, les différentes formes qu'elles , et qui nous laisse même distinguer les petites ttes interposées entre les sphères liquides plus qui produisent le mouvement vibratoire.

le voyez, messieurs, toutes les expériences sur les et sur les veines liquides justifient bien la proposij'énonçais en commençant : l'écoulement des fluides urs accompagné de mouvements vibratoires. L'étude mouvements, d'abord sagement négligée dans les physiques, prend aujourd'hui une importance consiIls ne se produisent pas seulement dans les liquides et on les observe aussi dans les corps solides, toutes les y a choc, frottement, résistance d'un milieu. Ils nt donc en partie la déperdition de force vive que state dans tous ces cas.

fois ils ne l'expliquent pas complétement; leur intenpas suffisante pour rendre compte de l'énorme perte il qui a lieu dans toutes les machines. Mais leur conn conduit naturellement à penser qu'outre ces mouvibratoires sensibles, il pourrait bien s'en produire d'amplitude infiniment petite, dans les molécules s, ou même dans l'éther interposé entre elles; et la perte de travail qu'il s'agit d'expliquer est toujours gnée de la production d'une certaine quantité de il devient naturel de supposer que la chaleur concisément dans ce mouvement vibratoire inaccessible rvation directe et produisant sur nos sens une on toute particulière, qui en déguise la vraie nature. les fois donc qu'un mouvement de translation naissance ou sera détruit, ou même variera seulentensité, il y aura lieu de rechercher si ce phénoa point entraîné une variation correspondante dans vibrations moléculaires du corps, et par suite donné gain ou à une perte de chaleur. Les plus importantes s de la philosophie naturelle, et la théorie thermoue tout entière, se trouvent par là intimement liées des relations qui peuvent exister entre les mouvetranslation et les mouvements vibratoires.

insi que toutes les parties des sciences se tiennent ent, et que les progrès de l'une d'elles peuvent imeaucoup, même à celles qui en paraîtraient tout le plus indépendantes. L'acoustique, par exemple, dans l'origine au point de vue presque exclusif des s produites sur l'oreille, a certainement fourni, à s, à Young et à Fresnel, les bases fondamentales de e des ondulations. La chaleur, à son tour, étant déconsidérée comme un mouvement vibratoire, l'étude vements de ce genre semble devenir le but commun les parties de la physique. Mais l'observation directe atteindre les mouvements infiniment petits qui nt la lumière et la chaleur; nous devons donc, dans d nombre des problèmes si compliqués que nous thermodynamique et l'optique, nous laisser guider par l'analogie des vibrations infinitésimales qu'elles étudient avec les mouvements observables et mesurables qui constituent les sons. C'est pourquoi l'acoustique, si restreinte en apparence, si humble en quelque sorte à son origine, devenue aujourd'hui la partie expérimentale de l'étude générale des mouvements vibratoires, est vraisemblablement une des sciences dont les progrès intéressent le plus l'avenir de toutes les branches de la physique.

JULES MAURAT.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

M. ST. LAUGIER
de l'Institut

Rôle de la cholestérine dans l'organisme; recherches de M. Austin Flint (de New-York)

M. Austin Flint, dans son livre intitulé : *Recherches expérimentales sur une nouvelle fonction du foie, etc.*, a fait sur la cholestérine et son rôle dans l'économie un travail qui contient des recherches et des résultats tout à fait nouveaux. Pour en bien juger l'importance, il faut reconnaître qu'avant cette étude de M. Flint la destination de la cholestérine était, de l'aveu des physiologistes les plus éminents, complétement inconnue. On se bornait, jusqu'ici, à se demander si elle n'était pas un de ces produits destinés à être expulsés de l'économie, et par conséquent dépourvus d'action immédiate sur l'économie elle-même; cette question restait sans réponse. La présence de la cholestérine dans le sang a été reconnue depuis plus de trente ans par Denis; on a aussi constaté son existence dans le foie, dans la bile, le cristallin, le méconium; on avait cru l'avoir trouvée dans les matières fécales; d'après M. Flint, ce n'est pas dans les fèces normales, mais seulement dans les fèces des animaux pendant l'hibernation. Si parfois on en rencontre une petite quantité chez un animal soumis aux expériences, il faut au moins qu'il n'ait pas pris d'aliments depuis vingt-quatre ou même quarante-huit heures.

M. Flint résume le rôle de la cholestérine dans les termes suivants : « La cholestérine est un produit excrémentitiel, formé en grande partie par la désassimilation du cerveau et des nerfs, séparé du sang par le foie, déversé à la partie supérieure de l'intestin grêle avec la bile, transformé, pendant son trajet dans le canal alimentaire en stercorine ou séroline de Boudet, substance qui diffère très-peu de la cholestérine et est évacuée comme telle par le rectum. »

C'est à la méthode expérimentale que M. Flint a demandé la solution de chacune des propositions énoncées dans ce résumé.

On savait que la cholestérine était une partie constituante du tissu nerveux; elle avait été extraite du cerveau par Couerbe. Mais lui était-elle portée par le sang et seulement alors déposée dans cet organe? était-elle au contraire formée dans le cerveau et entraînée par le sang pour arriver au foie? M. Flint a résolu la question par l'expérience suivante : L'analyse du sang a été faite au point de vue de la cholestérine; ce sang fut tiré de la carotide, de la jugulaire interne, de la veine cave, des veines hépatiques, de l'artère hépatique, de la veine porte. On y ajouta l'analyse d'une portion de substance cérébrale.

Le résultat de l'expérience fut : 1° ce qu'on savait déjà, que le cerveau renferme une grande quantité de cholestérine; 2° que le sang qui se rend au cerveau, celui de la carotide, n'en contient pas ou n'en contient qu'une très-faible quantité; 3° que le sang qui vient des extrémités en renferme plus que le sang artériel. Ces recherches, faites sur des chiens, et sans emploi des anesthésiques, afin de ne pas troubler, même temporairement,

[illegible] quantité de
[illegible] quantité
[illegible] sang artériel,
[illegible] 23,307 pour
[illegible] de 23,309
[illegible] quantité de
[illegible] système nerveux,
[illegible] de ce fluide.
[illegible] expérience puisse arri-
[illegible] ces deux quantités.
[illegible] bile qu'il faut
[illegible] en effet le glycocho-
[illegible] pas dans le sang,
[illegible] produits de sé-
[illegible] contient de plus la cho-
[illegible] non formée par lui et
[illegible] de l'économie ;
[illegible] l'intestin grêle avec
[illegible] il faut donc
[illegible] par les recher-
[illegible] place on voit
[illegible] dont quelques
[illegible] quantité dans les
[illegible] cholestérine qui a
[illegible]
[illegible] produite
[illegible] absorbée par
[illegible] dans le foie,
[illegible]

l[illegible]
si[illegible]
fût [illegible]

Co[illegible]
observ[illegible]
pliquent [illegible]
ambiant in[illegible]
sions déterm[illegible]
nécessaire p[illegible]
tions extérieu[illegible]
raccourciront la par[illegible]
sieurs modes de subdiv[illegible]
de mouvement vibratoire, [illegible]
pour un même cylindre liqui[illegible]
très-divers puissent produire [illegible] de l'in-
Enfin il résulte encore de là, que [illegible] ou
extérieures pourront faire varier [illegible]
d'une veine sonore dont le son passera [illegible]
cause appréciable, d'un harmonique [illegible]

[illegible] liaison plus ou moins directe avec [illegible] connue dans ses conditions [illegible] pathologiques ? Il ne serait [illegible] les recherches de M. Flint : la r[illegible] cholestérine dans le sang constitue, suivant lui, un [illegible] qu'il désigne sous le nom de *cholestérémie*. La [illegible] alors un poison dans le sang, dont les effets sur [illegible] coma et la mort comme la rétention de [illegible] empoisonnement est complétement distinct des cas [illegible] jaunisse. [illegible] la bile, dont la matière colorante est [illegible] des canaux excréteurs et de la vésicule du fiel. [illegible] dans les cas graves de jaunisse, qui ont presque [illegible] terminaison fatale, la mort était due à la rétention d[illegible] rine dans le sang. M. Flint n'a pas pu, plus que d'[illegible] ologistes, pratiquer l'extirpation du foie sur de grand[illegible] les essais qu'il a faits sur les grenouilles auraient [illegible] prolonger tellement qu'il fut forcé de les remettre [illegible] temps. Il n'a point fait non plus d'injection de cholest[illegible] sang à cause de l'insolubilité de cette substance. [illegible] exclusivement de cas pathologiques dans lesqu[illegible] ion de la cholestérine par le foie est arrêtée [illegible] son [illegible] cirrhose. Certaines maladies du foie offrent en effet de[illegible] que l'expérience directe est dans l'impossibilité de pr[illegible] pour tirer des conséquences rigoureuses relatives à l[illegible] cholestérine dans le sang pendant la maladie, il fal[illegible] proportion de cette substance fût bien au-dessus du [illegible] que l'on trouve dans l'état de santé. Dans cet état, [illegible] de cholestérine n'est pas toujours la même, on ne c[illegible] même les conditions qui président à ses variations. M. Flint, après trois analyses, a établi un minimum [illegible] pour 1000 parties, et un maximum de 0,751, et le[illegible] du sang, qu'il a faites dans deux cas de jaunisse simple [illegible] nisse avec cirrhose, lui ont donné pour le premier [illegible] 1000 et pour le second 1,850. La quantité de cholest[illegible] ce dernier cas, était donc énormément accrue. Cela co[illegible] teur à distinguer, au point de vue de la cholestéri[illegible] simple des ictères graves et de la cholestérémie avec [illegible] tère. Dans l'ictère simple, la quantité de cholestérine [illegible] n'est pas nécessairement augmentée, le foie continue [illegible] ner, et une fois séparée du sang, elle n'y rentre plus [illegible] ictères graves, les accidents peuvent tenir seulement à [illegible] tion de la bile, à un obstacle à l'écoulement de ce liqui[illegible] que dans la cholestérémie, c'est l'action du foie qui es[illegible] mée, et la cholestérine reste dans le sang en produisan[illegible] poisonnement caractérisé par la stupeur, le coma et l[illegible] mort. Cependant la cholestérémie ne survient pas dans [illegible] cas de maladie affectant la structure du foie. Il faut po[illegible] duire que l'altération soit assez étendue pour empêche[illegible] mination suffisante de cholestérine. Sans cela, la partie [illegible] gane restée saine peut suffire à son élimination complèt[illegible]

L'examen des fèces a prouvé aussi à M. Flint que si l[illegible] térine n'est pas versée dans l'intestin grêle, il en résu[illegible] diminution correspondante de la séroline ou stercorine [illegible] matières, ce qui complète sa démonstration de la transf[illegible] de la première en la seconde de ces substances.

Les résultats obtenus par M. Flint, aussi intéressant[illegible] pathologie que pour la physiologie, ont dû frapper l'att[illegible] la commission, et tout en faisant des réserves comman[illegible] la délicatesse de ses expériences et leur degré de [illegible] même, elle a cru devoir proposer à l'Académie d'acco[illegible] ingénieux observateur une mention honorable.

STANISLAS LAUGIE[illegible]
Professeur à la Faculté de médeci[illegible]

Le propriétaire-gérant : GERMER BAIL[illegible]

PAR[illegible] MARTINET, RUE MIGNO[illegible]

REVUE

DES

[C]OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[...]IÈME ANNÉE NUMÉRO 32 10 JUILLET 1869

Paris, 9 juillet 1869.

[...]rance, nous sommes naturellement portés à croire que [...] genres de liberté sont solidaires, et nous parvenons [...]ment à comprendre comment dans la libre Angleterre [...]s de l'esprit religieux peuvent ralentir par tant d'en[...] le développement des sciences naturelles. On com[...]que la physiologie est de toutes les sciences celle qui [...]plus souffrir d'un pareil état de choses.

[...] a pas longtemps qu'un certain nombre de professeurs [...]les médicales anglaises condamnaient publiquement [...]ériences physiologiques dans les cours et réprouvaient [...]ges des Facultés françaises, où l'on a généralement la [...]tion de prouver expérimentalement ce qu'on avance. [...]alheur à ceux qui s'avisent de faire des vivisections ! [...] sont pas protégés par une position sociale aussi élevée [...]pendante, ce ne sera pas toujours assez pour les punir [...]èce de répulsion dont ils se trouveront souvent l'objet ; [...]ront risque de voir les tribunaux se mettre de la par[...] effet, l'Angleterre est couverte de sociétés protectrices [...]maux qui entretiennent des agents chargés entre au[...]ses de dénoncer et de poursuivre les vivisecteurs. [...]urrions citer de malheureux physiologistes condam[...]plusieurs reprises à des amendes de 120 francs pour [...]é scalper une grenouille.

[...]ée dernière, un professeur de l'Université d'Édim[...]voulant montrer la circulation du sang dans une so[...]vante où se trouvaient ce jour-là plusieurs physiologistes [...]rs, apporta une grenouille fixée avec des épingles sur [...]que de liége, afin de la maintenir immobile. Il ne fut [...]rsuivi ; mais des personnes bien posées du pays l'acca[...] de critiques menaçantes, auxquelles il répondit spiri[...]ent qu'il était beaucoup moins coupable que ses accu[...], puisque ceux-ci mangeaient sans scrupule des huîtres vivantes. Il aurait pu ajouter que la mutilation des [...]illes auxquelles on enlève leurs cuisses pour nos [...]ans prendre la peine de les tuer, leur impose des souf[...] bien plus prolongées que toutes les expériences phy[...]ues.

[...]ngleterre, comme en Écosse, l'Église établie domine [...] partout encore l'enseignement supérieur, et il est gé[...]ent difficile de parvenir à une chaire quand on n'a [...]attache ou au moins son patronage. Il en est de même [...]s hôpitaux, le plus souvent entretenus par des dona[...]rticulières, et où cette circonstance donne une grande influence, quelquefois même une sorte de droit d'administration aux donateurs ou à leurs familles. Ce que nous disons là ne s'applique pas, bien entendu, à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, dont nos lecteurs ont pu apprécier l'esprit libéral, ni à diverses institutions fondées par des hommes indépendants, souvent catholiques ou juifs, comme *University-College* à Londres, par exemple.

Quand les médecins-physiologistes rebelles au joug anglican obtiennent une chaire ou un service d'hôpital, ils n'en ont pas pour cela beaucoup de chance de réunir une clientèle lucrative dans les hautes classes de la société. Aussi, bien des savants anglais ont dû mettre une sourdine à leurs opinions et se cacher presque pour travailler ; plusieurs des grands savants d'Angleterre n'ont pu conserver l'indépendance de leur pensée que grâce à une position personnelle qui leur permettait de dédaigner les fonctions publiques et les avantages de la faveur populaire.

Depuis quelques années il se forme, surtout à Londres, parmi les hommes de science, un parti de plus en plus nombreux qui essaye de réagir énergiquement contre cette tyrannie de l'opinion que le gouvernement lui-même est obligé de subir. On se souvient par exemple des *sermons laïques* du dimanche (voyez notre tome III, page 183, 10 février 1866), qu'essaya d'instituer il y a trois ans une société d'hommes libéraux qui comptait parmi ses membres les savants les plus illustres de Londres. Elle dut s'arrêter devant des poursuites judiciaires intentées par des particuliers.

Il y a dans ces tentatives plus de péril et de courage qu'on ne le croit généralement en France, car, sans parler de la position personnelle compromise ou perdue, on ne s'expose quelquefois à rien moins qu'à être considéré dans une partie de la société comme inscrit sur l'index anglican.

Il se produit en ce moment à Londres un mouvement qui aidera peut-être à changer cet état de choses. Les diverses sociétés médicales de Londres essayent de se réunir pour constituer une *académie de médecine* qui n'existe pas chez nos voisins. Les trois principales sociétés anglaises ont adhéré à ce projet qui paraît avoir beaucoup de chance de succès. Si l'Académie de médecine de Londres s'établit, l'élément libéral finira par y dominer à coup sûr, et l'autorité qui ne peut manquer de s'attacher à un tel corps servira peut-être de point d'appui aux idées indépendantes. C'est ici surtout qu'il est vrai de dire : l'union fait la force.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. WILLIAM B. CARPENTER
Vice-président de la Société Royale de Londres

Sur la température et la vie animale dans les profondeurs de la mer

Les recherches qu'on a faites dans ces derniers temps sur l'état des grandes profondeurs de l'Océan tendent à établir les résultats suivants :

1° Quoique les eaux profondes, à l'abri des orages qui agitent la surface de l'Océan, semblent dans un état de calme absolu, elles sont en réalité le siége d'un mouvement incessant, dont un des résultats salutaires est de modérer la chaleur des régions équatoriales et le froid des régions polaires, qui deviendraient tous les deux insupportables sans cela. Ce mouvement a nécessairement une grande influence sur la distribution de la vie animale et végétale sur terre aussi bien qu'au fond de l'Océan.

2° La ligne de démarcation que la théorie avait jusqu'ici tracée entre les mornes solitudes des eaux profondes et la couche supérieure, jusqu'à 300 brasses (548 mètres), n'a pas d'existence réelle : dans certaines régions, le fond de l'Océan peut être aussi désert que le Sahara, tandis que dans d'autres, à des profondeurs dix fois plus considérables, la vie surabonde sous les formes les plus variées.

3° Malgré l'énorme pression exercée par les couches supérieures, et qui est de près de 3 livres par pouce carré (environ 210 grammes par centimètre carré) pour chaque brasse de profondeur, ce qui donne 3000 livres par pouce carré à la profondeur de 1100 brasses (210 kilos par centimètre carré à une profondeur de 2010 mètres), malgré cette pression, les animaux du tissu le plus délicat peuvent vivre, se mouvoir et subsister sans être incommodés du fardeau qu'ils portent.

4° Même la privation totale de la lumière, cet agent essentiel à la vie, selon les maîtres de la science (1), ne peut empêcher les profondeurs ténébreuses de l'Océan d'entretenir une masse énorme et continue de vie animale, qui travaille activement à former un dépôt calcaire sur tout le lit de l'Atlantique, dépôt destiné sans doute à s'élever un jour au-dessus des eaux, et qui, formant un nouveau continent, sera désigné sous le nom de craie par les géologues futurs.

5° Enfin, au fond de ces abîmes se conservent bien des types d'organisations que l'on croyait éteintes depuis longtemps, et dont l'existence actuelle ne se révèle que lorsque la drague du naturaliste les ramène à la surface, phénomène qui peut bien se comparer à ces souvenirs de notre vie passée, enfouis et comme perdus dans les recoins les plus éloignés de notre cerveau, et que l'association des idées rappelle tout à coup à notre mémoire.

(1) L'organisation, la sensation, le mouvement volontaire, la vie, *dit* Lavoisier, n'existent qu'à la surface de la terre et dans les lieux exposés à la lumière. On peut dire, en vérité, que la fable de Prométhée n'est que l'expression d'une vérité philosophique qui n'avait pas échappé à la pénétration des anciens. Sans la lumière, la nature n'aurait ni vie, ni âme : Dieu, dans sa bonté, en répandant la lumière sur la création, a semé à la surface de la terre l'organisation, la sensation et la pensée. « Ces paroles, dit Dumas (*Équilibre chimique et physiologique de la nature organisée*, page 8), sont aussi vraies qu'elles sont éloquentes. »

Il m'a été donné de prendre part à ces recherches : mon savant ami, le professeur Wyville Thomson, de Belfast, ayant émis l'idée d'une expédition pour draguer la mer à de grandes profondeurs, j'ai pu, en juin 1868, soumettre cette proposition au président et au conseil de la Société royale, qui l'ont fortement recommandée à l'Amirauté. Ce dernier conseil, adoptant la proposition, a chargé de ce service le vaisseau *l'Éclair*, qui est parti muni des meilleurs appareils qu'on eût pu se procurer en si peu de temps. L'expédition, mise sous ma direction, a choisi pour champ principal de ses explorations le détroit profond qui sépare les îles Feroë du nord de l'Écosse ; et malgré le manque de temps et les interruptions causées par de fréquentes tempêtes, elle a obtenu des résultats fort intéressants au double point de vue de la physique de l'Océan et de l'étude de la vie animale dans les eaux profondes.

Tous les géographes qui se sont occupés de la physique du globe ont admis jusqu'ici que la température moyenne des mers profondes est partout de 39 degrés Fahr. (3°,8 centigr.). Pour les mers équatoriales, la température, qui à la surface varie entre 75 et 85 degrés Fahr. (23°,8 et 29°,4 centigr.), s'abaisse à mesure que la profondeur croît, et atteint enfin le minimum de 39 degrés Fahr. à une profondeur de 1200 brasses (2193 mètres) environ ; pour les mers polaires, au contraire, le thermomètre plongé dans l'eau voisine de la surface, dont la température est 32 degrés Fahr. (0 degré centigr.), remonte peu à peu à mesure que la profondeur s'accroît, et finit par marquer 39 degrés Fahr. à une distance d'environ 750 brasses (1371 mètres). On a toujours admis qu'entre les régions équatoriales et les régions polaires on peut tracer une ligne le long de laquelle la température de la mer est 39 degrés, *quelle que soit la profondeur* ; et même, dans l'Océan antarctique, où l'influence perturbatrice des courants sur la température locale semble presque nulle, on a cru pouvoir indiquer pour cette ligne le parallèle qui passe à 56 degrés et demi de latitude sud. Cette doctrine s'appuie principalement sur les sondages faits par l'expédition de sir James Ross : ces sondages semblaient s'accorder assez bien avec la croyance générale que l'eau de *mer*, de même que l'eau *douce*, a son maximum de densité à cette température, et que par conséquent une eau tranquille à 32 ou 33 degrés Fahr. (0°,55 centigr.) ne peut rester en équilibre sous une couche d'eau à 39 degrés Fahr.

Cependant on avait pu, dans plusieurs cas, constater l'existence de températures inférieures à 39 degrés Fahr. ; on les avait toujours considérées comme de simples exceptions locales, tenant à des courants particuliers. L'observation de ce genre la plus remarquable, faite par le général Sabine il y a plus de cinquante ans, pendant le voyage du capitaine John Ross dans les mers arctiques, est ainsi consignée dans son journal : « 19 septembre 1818, fait un sondage qui indique 750 brasses (1371 mètres) ; le thermomètre à minima, descendu à une profondeur de 680 brasses (1243 mètres), marque 25°,75 Fahr. (— 3°,47 centigr.). Je n'avais jamais vu le thermomètre au-dessous de 28 degrés Fahr. (— 2°,22 centigr.) dans toutes les expériences précédentes ; aussi mis-je le plus grand soin à l'examiner, sans pouvoir expliquer le phénomène autrement que par la basse température de l'eau. » Ce récit, tout étrange qu'il paraisse, n'a rien d'incroyable : en effet, Despretz a montré depuis, par des expériences faites avec le plus grand soin, que l'eau de mer, qui gèle à 27°,5 Fahr.

:entigr.), peut être refroidie jusqu'à 25°,5 (— 3 degrés sans qu'il y ait congélation, pourvu qu'elle reste dans obilité complète. De plus, au lieu de se *dilater* à me- sa température baisse, ce que fait toujours l'eau -dessous de 39 degrés Fahr. (3°,8 centigr.), l'eau de inue à *se contracter*, et n'atteint son maximum de u'à 25°,5 Fahr. : il était donc naturel que cette der- ipérature fût celle des couches inférieures des mers quand des courants plus chauds ne viennent pas en l'immobilité.

sondages de l'*Éclair* donnent une température mi- varie entre 32 degrés et 33°,7 Fahr. (de 0 degré à ıtigr.). Voici le tableau de ces opérations, exécutées fondeurs de 500 à 600 brasses (de 914 à 1096 mètres))artie considérable du détroit qui s'étend de l'E. N. E.)., entre le N. de l'Écosse et les bas fonds des îles

LONGIT. O.	PROFONDEUR.		TEMPÉRATURE			
			DE LA SURFACE.		DU FOND.	
	BRASSES.	MÈTRES.	Fahr.	Centig.	Fahr.	Centig.
4° 49′	510	932	52°	11°,11	33°,7	0°,94
5 21	500	914	51	10,5	32,2	0,11
5 59	550	1005	53	11,6	32	0
6 38	170	310	52	11,11	41,7	5,38
6 55	500	914	51	10,5	33	0,55
7 16	450	822	50	10	33,2	0,66

s résultats ont été relevés avec deux thermomètres ; il est probable que s'ils contiennent quelques er- sont des indications de températures trop élevées, pression de 100 atmosphères et même plus, à la- s réservoirs thermométriques se trouvaient sou-

ute, nous ne pouvons affirmer d'une manière posi- :es températures minima fussent les températures e l'eau aux points que nous avons indiqués ; mais resque certain pour les raisons suivantes : 1° Il n'est ble qu'une couche d'eau à une température de Fahr. (0 degré centigr.) pût rester superposée à une t la température serait plus élevée, puisque cette erait alors moins dense que la première, à moins eux couches ne fussent animées de mouvements en aires assez rapides pour être facilement apprécia- es êtres vivants trouvés au fond de cette région sentaient, comme nous le montrerons bientôt, une on tout à fait en rapport avec cet abaissement pré- empérature. 3° A la profondeur de 170 brasses, dans froide, nous avons trouvé pour température minima r., résultat facile à prévoir à cette profondeur, s'il ıe la température s'abaisse progressivement à me-

sure que la profondeur augmente. Cependant la question ne sera probablement décidée qu'après les sondages que nous nous proposons de faire cet été ; nous serons alors en mesure de constater, à chaque sondage, la température exacte pour chaque augmentation de 50 ou 100 brasses (91 ou 182 mètres) en profondeur.

D'un autre côté, d'autres points du même détroit, *à la même profondeur et avec la même température à la surface*, température toujours très-voisine de 52 degrés Fahr., présentent des températures minima qui ne vont jamais au-dessous de 47 degrés Fahr. (8°,3 centigr.) ; et, sous l'influence de ces températures, non-seulement la faune est bien plus riche, mais elle offre les caractères de celle des mers tempérées des zones plus chaudes. Voici le tableau de ces températures :

LATIT. N.	LONGIT. O.	PROFONDEUR.		TEMPÉRATURE			
				DE LA SURFACE.		DU FOND.	
		BRASSES.	MÈTRES.	Fahr.	Centig.	Fahr.	Centig.
59° 20′	7° 5′	500	914	54°,5	12°,5	49°	9°,44
60 32	9 10	164	300	54	12,2	48,5	9,16
60 31	9 18	229	418	54	12,2	48	8,8
59 36	7 20	530	968	52,5	11,38	47,3	8,5
59 5	7 29	189	345	52	11,11	49,3	9,6
59 59	9 15	650	1188	53	11,6	46	7,7
60 38	11 7	570	1042	52	11,11	47	8,3
61 2	12 4	650	1188	—	—	—	—
59 49	12 36	620	1133	52	11,11	46	7,7

Il semble impossible d'expliquer l'existence de deux climats sous-marins si différents, à si peu de distance l'un de l'autre, sans admettre que l'eau dont la température est de 8 ou 10 degrés Fahr. (4°,4 ou 5°,5 centigr.) au-dessus de ce qu'on peut appeler la température normale de la latitude dont il s'agit, sans admettre, dis-je, que cette eau vient de quelque région plus voisine de l'équateur. Au contraire, l'eau dont la température est de 6 ou 8 degrés Fahr. (3°,3 ou 4°,4 centigr.) au-dessous de la température normale, doit nécessairement venir des environs du pôle. Jusqu'à quel point devons-nous attribuer le premier de ces phénomènes au *Gulf-stream* proprement dit, à ce puissant courant d'eau chaude qui sort du golfe du Mexique, et qu'on peut suivre à travers l'Atlantique dans sa marche vers le N. E. ; c'est là un point à discuter. Quoi qu'il en soit, le mouvement de la surface n'y est pour rien, comme on le voit assez d'après la profondeur à laquelle s'étend l'excès de température.

Assurément le rapprochement de ces deux faits nous fournit un exemple de plus de l'échange continuel qui se fait entre les eaux de l'équateur et celles du pôle ; échange non moins indispensable, selon les lois de la physique, que l'échange d'air qui joue un rôle si important dans la production des vents (1). En effet, l'eau qui s'est refroidie dans les mers po-

:ès des expériences récentes sur la manière dont se com- thermomètres sous de fortes pressions, il n'est pas douteux ıpératures relevées ci-dessus, pour les profondeurs entre brasses, ne soient trop élevées d'environ 2 degrés Fahr. r.), et que les températures indiquées autre part, pour des variant entre 1500 et 2000 brasses (2742 et 3656 mètres), rop élevées de 8 à 10 degrés Fahr. (4°,4 à 5°,5 centigr.).

(1) Voici comment le professeur Buff (*Physique de la terre*, page 194) présente cette doctrine, que Humboldt avait depuis longtemps développée dans le *Cosmos* (volume I, page 296) : « L'eau de l'Océan, à de grandes profondeurs, présente, même sous l'équateur, une température très-voisine du point de congélation. Ce phénomène ne peut être dû à l'influence du fond de la mer... Il s'explique par l'existence d'un courant continuel d'eau froide allant du pôle à l'équateur. Une expé-

le câble du télégraphe de la Mé-

° 36′ de latitude N. et 7° 20′ de
ndeur de 530 brasses (968 mètres),
le 47°,33 Fahr. (8°,5 centigr.), ont
rdinaire d'*éponges* et de *foramini-
fères*, des *échinodermes*, des *mollus-
crustacés*; et, entre autres, deux
us dont la découverte récente par
vége a été un des principaux mo-
coup de drague, donné plus tard,
2° 4′ de longitude O., à 650 bras-
deur, avec une température mi-
centigr.), a encore montré l'exis-
ie, bien que les spécimens obtenus
ins nombreux et plus incomplets.
ec soin les matières ramenées par
naître qu'elles étaient surtout ri-
re des espèces représentées n'était
à cent.
nt jusqu'à l'évidence l'erreur que
e, sous la pression d'une certaine
maux d'un ordre un peu élevé est
ion absolument impossible. C'est
eur Wallich a vivement combattu

dit sur cette question, on semble
deux considérations des plus im-
t que sur un animal dont le corps
substances solides ou liquides, la
tout le même effet que sur un
des cavités remplies d'air; la se-
ion des fluides s'exerce également
al plongé à quelque profondeur
s différentes parties de son corps
librement que s'il vivait près de
question sous son vrai jour, sup-
passe de la surface à une grande
les idées, 1100 brasses (2012 mè-
la pression sera d'environ 200 at-
r pouce carré (210 kil. par centim.
tte goutte d'eau soit enveloppée
que possible, qui ne serve qu'à la
nt, sans avoir par elle-même au-
est évident que cette goutte con-
une, la *forme* qu'elle se trouvait
t d'ailleurs cette forme, et qu'elle
née à la forme sphérique, même
e, puisque cette pression agit éga-
on *volume* seul se trouvera réduit;
200 atmosphères, sa diminution
me. Supposons maintenant qu'au
nveloppée d'une pellicule, nous
ode à moitié liquide dont se com-
Chez cet animal, l'intérieur, plus

uédoise qui vient d'arriver du Spitzberg
nimaux d'espèces différentes, trouvés à
ses (3656 mètres) et plus; ils ont été
le sondage connu sous le nom de *Bull-*

fluide (*endosarc*), est entouré d'une couche plus résistante (*ectosarc*), dont la contractilité produit des changements de forme continuels, changements qui permettent à l'animal de se mouvoir et d'ingérer sa nourriture. Cela posé, il est évident, pour quiconque applique les lois de la pression des fluides à un animal d'une constitution aussi simple, que, tant que ces changements de *forme* n'entraînent pas un changement de *volume*, la pression, quelque considérable qu'elle soit, ne saurait être un obstacle aux mouvements : ainsi l'animal se meut aussi librement au fond de l'Océan qu'il peut le faire près de la surface. Nous pouvons même aller plus loin : même quand le volume de l'animal augmente par suite de l'ingestion de quelques particules solides ou liquides, celle par exemple d'un *zoospore* ou d'un *protophyte* lui servant de nourriture ; où encore par l'absorption d'un peu d'eau du dehors qui vient remplir la *vésicule contractile*, ce qui semble être pour l'animal une manière de respirer ; comme dans ces circonstances le liquide extérieur exerce sur les particules, au moment de leur absorption, pour les faire pénétrer dans le corps, une pression absolument égale à celle qu'il oppose à la distension de ce même corps, ici encore l'influence de cette pression sera en réalité nulle. Si l'on étudie au même point de vue les mouvements d'un animal quelconque destiné à vivre uniquement dans l'eau, quand même son organisation serait plus complexe, je suis persuadé qu'on reconnaîtra que ces mouvements ne sont gênés en aucune façon, quelle que soit la pression du fluide où il est plongé. En effet, cette pression ne tend à altérer ni la forme générale du corps, ni celle de ses parties les plus molles et les plus délicates ; elle ne gêne ni le jeu de ces parties, ni la circulation intérieure des fluides, ni les changements moléculaires indispensables à la nutrition.

Les résultats déjà obtenus par nous sont pleinement d'accord avec les espérances que nous avions conçues d'après les observations faites par M. Alphonse Milne Edwards sur le câble télégraphique de la Méditerranée, et d'après les dragages de M. Sars jeune : si l'on explore d'une manière régulière le fond de l'Océan, à de grandes profondeurs et à une certaine distance des côtes, on doit trouver un grand nombre d'êtres organisés qui étaient entièrement inconnus, ou considérés jusqu'ici comme limités à certaines localités, ou enfin qui passaient pour appartenir à une époque géologique antérieure à la nôtre. En effet, un seul coup de drague, dans les parages que nous avons indiqués plus haut, a ramené des spécimens fort remarquables appartenant à chacune de ces catégories ; de sorte que, si nous avions pu, même en nous arrêtant quelques jours seulement, explorer complétement cet endroit, nous pouvions nous attendre à des résultats bien plus considérables encore. Combien plus encore n'est-il pas permis d'espérer de recherches qui embrasseraient le champ bien plus vaste qui offre des conditions aussi favorables, comme nous le montrerons bientôt? Il faudrait en effet supposer un hasard singulièrement heureux pour réunir à la fois dans notre drague une collection si remarquable d'*éponges vitreuses* et de gigantesques *rhizopodes*, dont plusieurs sont entièrement nouveaux, et les autres n'ont été jusqu'ici trouvés que sur des points fort éloignés, comme le *Rhizocrinus*, qu'on n'avait encore vu que sur un seul point, à plus de 600 milles (966 kilom.); il faudrait, dis-je, un hasard bien extraordinaire si ces êtres n'étaient pas répandus en assez grande abondance sur un espace considérable. Cette probabilité devient presque

laires doit aller au fond et déplacer les couches d'eau plus chaudes, en avançant vers l'équateur; de sorte que, *dans les parties les plus profondes* de l'Océan, il y aura un mouvement dans la direction de l'équateur. Réciproquement, l'eau chaude des mers tropicales, étant plus légère, s'étend vers le N. et le S. *à la surface* de l'Océan, et s'avance ainsi vers les régions polaires en se refroidissant en chemin, jusqu'à ce que sa température soit devenue assez basse pour qu'elle aille au fond, et retourne ainsi vers son point de départ.

Une série de sondages récemment exécutés dans la mer des Indes, entre Aden et Bombay, par le capitaine Shortland, commandant l'*Hydre*, de la marine royale, a donné 33°,5 Fahr. (0°,83 centigr.) pour la température du fond de la mer, à des profondeurs de plus de 1800 brasses (3290 mètres), la température de la surface étant 75 degrés Fahr. (23°,8 centigr.) (1). Ce fait semble inexplicable, si l'on n'admet l'existence d'un courant profond venu des régions antarctiques, qui doit entretenir une température aussi basse sur toute l'étendue qu'il parcourt.

Avant que l'*Éclair* opérât sous ma conduite, l'exécution de dragages semblables à de grandes profondeurs avait été confiée par le gouvernement suédois au professeur Sars et à son fils, et par celui des États-Unis aux ingénieurs-hydrographes sous la direction du comte Pourtalès. Les résultats obtenus par ces trois expéditions ont prouvé d'une manière positive l'exactitude des conclusions que le docteur Wallich (2) avait, dès l'origine, tirées des données moins complètes fournies par les premiers sondages (3) : il existe une faune sous-marine abondante et variée, à des profondeurs qu'on avait généralement cru jusqu'ici, ou entièrement privées d'êtres vivants, ou habitées seulement par des espèces tout à fait inférieures.

Il résulte d'un rapport tout à fait récent (4) que le professeur Sars a bien voulu me transmettre, que les dragages [...]cutés par son fils ont été faits à des profondeurs entre 2[...] 450 brasses (de 364 à 822 mètres), et que ces opérations n[...] pas donné moins de 427 espèces qu'il classe de la man[...] suivante :

PROTOZOAIRES...	Rhizopodes...	68
	Éponges...	5
CŒLENTÉRÉS...	Anthozoaires...	20
	Hydrozoaires...	2
ÉCHINODERMES...	Crinoïdes...	2
	Astéries...	21
	Échinides...	5
	Holothuries...	8
VERS...	Gephyrés...	6
	Annélides...	51
MOLLUSQUES...	Polyzoaires...	35
	Tuniciers...	4
	Brachiopodes...	4
	Conchifères...	37
	Céphalophores...	53
ARTHROPODES...	Arachnides...	1
	Crustacés...	105
	Total...	427

Sur cette liste, 20 espèces de rhizopodes, 3 d'échinoder[...] 8 de conchifères, 3 de céphalophores et 4 de crustacés, [...]à-dire 42 en tout, ont été trouvées à une profondeu[...] 450 brasses (822 mètres).

Quant aux résultats des dragages dans les eaux profo[...] entrepris par le comte Pourtalès avec les ingénieurs-hy[...] graphes des États-Unis, voici le compte rendu général [...] m'en a transmis M. Alexandre Agassiz : « M. Pourtalès a dr[...] à une profondeur de 500 brasses (914 mètres) sur toute la [...]tance qui sépare la Floride de l'île de Cuba ; et sous cette p[...]sion de près de 100 atmosphères, il a trouvé des *échinides*, [...] *astéries*, des *ophiurides*, des *crinoïdes*, des *coraux*, des *crus*[...] de plusieurs espèces, des *annélides*, des *mollusques*, des [...] *luscoïdes*, et en un mot une faune aussi complète que la [...] abondante de nos rivages. M. Pourtalès doit faire un nouv[...] voyage cet hiver ; les résultats acquis et les appareils per[...]tionnés dont il disposera nous permettent d'en espérer [...] résultats importants. Tout se réunit en effet pour faciliter [...] opérations, qui se trouvent liées au grand système de son[...]ges du Gulfstream que M. Bache avait commencés, et que [...] successeur, le professeur Pierce, continue avec succès (1). [...]

Nos propres expériences ont été faites jusqu'à 650 bras[...] profondeur la plus grande à laquelle on ait jusqu'ici fait [...] recherches. Nous n'avons nulle part éprouvé de difficu[...] sérieuses, et les résultats obtenus ont été tout aussi satis[...]sants que si nous avions exploré les eaux peu profondes [...] quelque rivage. Il ne me semble pas douteux que des drag[...] semblables, manœuvrées à l'aide de machines assez p[...]santes, ne puissent servir aussi bien pour les profondeurs [...] plus considérables dont jusqu'à présent nous ne connais[...] d'autres habitants que le petit nombre ramenés par l'ap[...]reil de sondage. N'oublions pas cependant, comme except[...] à cette ignorance presque complète, les observations si rem[...]quables de M. Alphonse Milne Edwards (2) sur les mollusq[...]

rience bien connue fait clairement comprendre la manière dont ce mouvement s'opère. On remplit d'eau un vase de verre ; on y jette un corps en poudre, et l'on chauffe par-dessous. Bientôt on s'aperçoit, au mouvement des particules mêlées à l'eau, que des courants s'établissent en sens inverse : l'eau chaude s'élève du fond, traverse le milieu du vase, et s'étend à la surface, tandis que les parties du liquide qui sont plus froides, et par conséquent plus denses, descendent vers le fond en suivant les parois du vase. Des courants semblables doivent s'établir dans tous les bassins, et même dans les océans, dès que différents points de leur surface sont chauffés d'une manière inégale. L'eau qui s'est refroidie dans les régions polaires descend au fond, et se dirige du pôle vers l'équateur, chassant du fond de la mer l'eau qui est plus chaude et plus légère ; puis, cette même eau se réchauffant, cède à son tour la place à l'eau froide qui lui succède. D'un autre côté, l'eau qui abandonne constamment les régions froides est remplacée de deux manières. L'eau chaude de la zone torride étant plus légère, doit s'étendre des deux côtés à la surface de l'Océan, et, tout en se refroidissant peu à peu, doit s'avancer vers les régions polaires. De plus, l'évaporation est bien plus considérable entre les tropiques que partout ailleurs, et une grande partie des vapeurs qui se sont produites ne retombe sous forme de pluie et de neige que dans des latitudes élevées. »

(1) La température réelle du fond était probablement, dans ce cas, inférieure de plusieurs degrés à celle que les thermomètres indiquaient.

(2) Voyez l'ouvrage intitulé : *North-Atlantic sea-bed*, 1861, page 147.

(3) Le premier fait de ce genre qui ait été enregistré reste encore un des plus intéressants. Pendant l'exploration des régions arctiques par le capitaine Ross, en 1818, la sonde, descendue à une profondeur de 1000 brasses, ramena un magnifique *astrophyte*, alors connu sous le nom d'*astérie tête de Méduse*, qui, d'après le témoignage du général Sabine, un des membres de l'expédition, devait venir du fond de la mer, puisqu'elle était en partie enveloppée d'une boue verdâtre dans laquelle s'était enfoncé le plomb de la sonde.

(4) *Fortsatte Bemærkninger over det dyriske Livs Udbredning i Havets Dybder, af M. Sars.* (*Særskilt aftrykt af Vidensk. — S*[...] *Forhandlinger for* 1868.)

(1) Pour les résultats obtenus, voyez dans le *Journal de Sillim*[...] le numéro de novembre 1868, et les *Annales d'histoire natur*[...] janvier 1869.

(2) *Annales des sciences naturelles*, 4e série, *Zool.*, tome XV, page 1[...]

et les zoophytes trouvés sur le câble du télégraphe de la Méditerranée (1).

Les dragages opérés à 59° 36′ de latitude N. et 7° 20′ de longitude O., avec une profondeur de 530 brasses (968 mètres), et à la température minima de 47°,33 Fahr. (8°,5 centigr.), ont donné une collection extraordinaire d'*éponges* et de *foraminifères siliceux*, avec des *zoophytes*, des *échinodermes*, des *mollusques*, des *annélides* et des *crustacés ;* et, entre autres, deux spécimens du petit *Rhizocrinus* dont la découverte récente par M. Sars sur la côte de la Norvége a été un des principaux motifs de l'expédition. Un seul coup de drague, donné plus tard, par 61° 2′ de latitude N. et 12° 4′ de longitude O., à 650 brasses (1188 mètres) de profondeur, avec une température minima de 46 degrés Fahr (7°,7 centigr.), a encore montré l'existence d'une faune aussi variée, bien que les spécimens obtenus fussent pour la plupart moins nombreux et plus incomplets. Cependant, en examinant avec soin les matières ramenées par l'instrument, on a pu reconnaître qu'elles étaient surtout riches en *annélides :* le nombre des espèces représentées n'était probablement pas inférieur à cent.

I. — Tous ces faits prouvent jusqu'à l'évidence l'erreur que l'on commet en affirmant que, sous la pression d'une certaine colonne d'eau, la vie des animaux d'un ordre un peu élevé est gravement compromise, sinon absolument impossible. C'est donc avec raison que le docteur Wallich a vivement combattu cette erreur.

Dans tout ce qui a été dit sur cette question, on semble n'avoir pas tenu compte de deux considérations des plus importantes : la première, c'est que sur un animal dont le corps est entièrement composé de substances solides ou liquides, la pression ne produit pas du tout le même effet que sur un autre dont le corps contient des cavités remplies d'air ; la seconde, que, comme la pression des fluides s'exerce également dans tous les sens, un animal plongé à quelque profondeur que ce soit, peut mouvoir les différentes parties de son corps sur elles-mêmes, tout aussi librement que s'il vivait près de la surface. Pour envisager la question sous son vrai jour, supposons qu'une *goutte d'eau* passe de la surface à une grande profondeur, soit, pour fixer les idées, 1100 brasses (2012 mètres), profondeur à laquelle la pression sera d'environ 200 atmosphères, ou 3000 livres par pouce carré (210 kil. par centim. carré). Admettons que cette goutte d'eau soit enveloppée d'une pellicule aussi mince que possible, qui ne serve qu'à la séparer du milieu environnant, sans avoir par elle-même aucune force de résistance. Il est évident que cette goutte conservera, sans altération aucune, la *forme* qu'elle se trouvait avoir d'abord, quelle que fût d'ailleurs cette forme, et qu'elle ne sera ni aplatie, ni ramenée à la forme sphérique, même par la pression la plus forte, puisque cette pression agit également dans tous les sens. Son *volume* seul se trouvera réduit ; mais, sous une pression de 200 atmosphères, sa diminution sera de moins d'un centième. Supposons maintenant qu'au lieu d'une goutte d'eau enveloppée d'une pellicule, nous ayons une particule du *sarcode* à moitié liquide dont se compose le corps d'un *rhizopode*. Chez cet animal, l'intérieur, plus fluide (*endosarc*), est entouré d'une couche plus résistante (*ectosarc*), dont la contractilité produit des changements de forme continuels, changements qui permettent à l'animal de se mouvoir et d'ingérer sa nourriture. Cela posé, il est évident, pour quiconque applique les lois de la pression des fluides à un animal d'une constitution aussi simple, que, tant que ces changements de *forme* n'entraînent pas un changement de *volume*, la pression, quelque considérable qu'elle soit, ne saurait être un obstacle aux mouvements : ainsi l'animal se meut aussi librement au fond de l'Océan qu'il peut le faire près de la surface. Nous pouvons même aller plus loin : même quand le volume de l'animal augmente par suite de l'ingestion de quelques particules solides ou liquides, celle par exemple d'un *zoospore* ou d'un *protophyte* lui servant de nourriture ; ou encore par l'absorption d'un peu d'eau du dehors qui vient remplir la *vésicule contractile*, ce qui semble être pour l'animal une manière de respirer ; comme dans ces circonstances le liquide extérieur exerce sur les particules, au moment de leur absorption, pour les faire pénétrer dans le corps, une pression absolument égale à celle qu'il oppose à la distension de ce même corps, ici encore l'influence de cette pression sera en réalité nulle. Si l'on étudie au même point de vue les mouvements d'un animal quelconque destiné à vivre uniquement dans l'eau, quand même son organisation serait plus complexe, je suis persuadé qu'on reconnaîtra que ces mouvements ne sont gênés en aucune façon, quelle que soit la pression du fluide où il est plongé. En effet, cette pression ne tend à altérer ni la forme générale du corps, ni celle de ses parties les plus molles et les plus délicates ; elle ne gêne ni le jeu de ces parties, ni la circulation intérieure des fluides, ni les changements moléculaires indispensables à la nutrition.

Les résultats déjà obtenus par nous sont pleinement d'accord avec les espérances que nous avions conçues d'après les observations faites par M. Alphonse Milne Edwards sur le câble télégraphique de la Méditerranée, et d'après les dragages de M. Sars jeune : si l'on explore d'une manière régulière le fond de l'Océan, à de grandes profondeurs et à une certaine distance des côtes, on doit trouver un grand nombre d'êtres organisés qui étaient entièrement inconnus, ou considérés jusqu'ici comme limités à certaines localités, ou enfin qui passaient pour appartenir à une époque géologique antérieure à la nôtre. En effet, un seul coup de drague, dans les parages que nous avons indiqués plus haut, a ramené des spécimens fort remarquables appartenant à chacune de ces catégories ; de sorte que, si nous avions pu, même en nous arrêtant quelques jours seulement, explorer complétement cet endroit, nous pouvions nous attendre à des résultats bien plus considérables encore. Combien plus encore n'est-il pas permis d'espérer de recherches qui embrasseraient le champ bien plus vaste qui offre des conditions aussi favorables, comme nous le montrerons bientôt ? Il faudrait en effet supposer un hasard singulièrement heureux pour réunir à la fois dans notre drague une collection si remarquable d'*éponges vitreuses* et de gigantesques *rhizopodes*, dont plusieurs sont entièrement nouveaux, et les autres n'ont été jusqu'ici trouvés que sur des points fort éloignés, comme le *Rhizocrinus*, qu'on n'avait encore vu que sur un seul point, à plus de 600 milles (966 kilom.) ; il faudrait, dis-je, un hasard bien extraordinaire si ces êtres n'étaient pas répandus en assez grande abondance sur un espace considérable. Cette probabilité devient presque

(1) On dit que l'expédition suédoise qui vient d'arriver du Spitzberg a rapporté un grand nombre d'animaux d'espèces différentes, trouvés à des profondeurs de 2000 brasses (3656 mètres) et plus ; ils ont été obtenus à l'aide de l'appareil de sondage connu sous le nom de *Bulldog smaskinen*.

attaché au service hydrographique, servira, pendant la saison prochaine, à continuer ces études, avec tous les appareils dont la science et l'expérience ont fait reconnaître l'utilité. Il est permis d'espérer que, si le temps n'est pas exceptionnellement défavorable, cette expédition ajoutera beaucoup à ce que nous savons de la température et de la vie animale dans les mers profondes.

Les *faits* que je viens de vous présenter, et plus encore les *théories* que je me suis hasardé à appuyer sur ces faits, sembleront peut-être ébranler bien des idées généralement admises en géologie, et par conséquent diminuer plutôt qu'augmenter la somme de nos connaissances positives; mais c'est là le résultat inévitable de l'introduction de toute *idée nouvelle* dans le domaine de la science. Comme les flots débordés viennent mettre à l'épreuve la solidité de toutes les constructions sur leur passage, renversant la maison qui n'est bâtie que sur le sable, mais laissant intact l'édifice dont les fondations reposent sur le roc; de même une nouvelle méthode d'investigation, une nouvelle série de faits, ou une nouvelle application de faits déjà connus vient battre l'édifice des doctrines reçues avec une force à laquelle il ne saurait résister, s'il ne repose sur le roc inébranlable de la vérité. Et c'est ici que se montre dans toute son excellence la valeur morale de la science, quand on la cultive avec un esprit digne du but élevé qu'elle se propose. Car, comme l'a si bien dit Schiller (1) dans le contraste admirable qu'il établit entre celui qui trafique de la science et le vrai philosophe : — « Les découvertes nouvelles faites dans le champ qu'il explore, abattent le premier et ravissent le second. Elles comblent peut-être un vide que les progrès mêmes de son esprit rendaient plus grand et plus insupportable; ou bien elles apportent la dernière pierre, la seule qui manquât pour terminer l'édifice. Mais quand même elles devraient le faire tomber en ruines, quand même une nouvelle série d'idées, un nouvel aspect de la nature, une loi nouvellement découverte dans le monde physique devrait renverser tout l'édifice de la science, *le philosophe a toujours aimé la vérité mieux que son système*, et c'est avec bonheur qu'il renonce à sa forme vieille et imparfaite, pour en adopter une autre nouvelle et plus belle. »

W. B. CARPENTER.

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (2)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XIII

Combinaison des effets de la morphine avec ceux du chloroforme. — Action physiologique de la morphine.

La morphine est caractérisée essentiellement, au point de vue physiologique, par sa propriété hypnotique ou soporifique, et en outre par une propriété d'excitabilité particulière. Cette propriété d'excitabilité se manifeste à son maximum sur la grenouille, mais ne lui est point exclusive; elle se produit aussi pour les autres animaux et pour l'homme, quoiqu'on ne paraisse pas s'en être jamais préoccupé quand on administre de la morphine.

Cette propriété se révèle par une excitabilité toute spéciale aux bruits extérieurs : l'animal tressaille énergiquement, il se produit dans ses membres une sorte de soubresaut; l'animal réveillé en sursaut bondit tout effaré, comme s'il voulait s'enfuir, mais bientôt il retombe dans la torpeur. Ces phénomènes se produisent surtout d'une manière saisissante lorsqu'on frappe sur la table où repose l'animal, ou qu'on produit un bruit plus éloigné, mais subit, comme celui d'ouvrir un robinet de fontaine, de fermer une porte, etc.

L'animal soumis à l'action de la morphine reste sous l'influence d'un engourdissement d'autant plus tenace et plus durable, que la dose est plus forte; mais il revient pourtant à l'état normal après un temps qui dure parfois jusqu'à vingt-quatre heures.

Voici le chien sur lequel nous avions opéré dans notre dernière séance. Vous vous souvenez dans quel état complet de torpeur il était plongé; cependant il en est très-complétement revenu aujourd'hui, et nous venons de lui faire une nouvelle injection de 10 centigrammes de chlorhydrate de morphine sous les aisselles, ce qui constituerait une dose très-forte pour l'homme.

Ce chien retombe, ainsi que vous le constatez, dans le même état de torpeur qu'il avait déjà subi. Mais je vous ferai remarquer que, ainsi que je l'ai déjà dit, malgré cet état de torpeur, l'animal n'est pas insensible, comme il le serait devenu sous l'influence du chloroforme. Bien que dans un état de torpeur, l'animal est donc excitable et sensible. Cependant, si les nerfs n'ont pas perdu leur sensibilité, ils sont au moins fort émoussés, car il faut pincer la patte relativement très-fort pour que l'animal réagisse par les signes de la douleur.

Il est difficile de doser un pincement ou même d'apprécier son énergie d'une façon approximative, de sorte que nous ne pourrions pas dire si, pour faire naître la douleur, il faut pincer la patte une, deux ou trois fois plus fort que dans l'état normal. Mais en faisant agir un courant électrique sur le nerf au lieu de serrer la patte dans une pince, on peut mesurer assez exactement l'intensité de l'irritant employé, et l'on voit très-bien alors que la sensibilité d'un animal morphiné est fort émoussée.

Cependant l'excitabilité particulière dont nous avons précédemment parlé est très-notable, précisément pendant cette période de dépression de la sensibilité à la douleur même, ce qui semblerait prouver que la sensibilité proprement dite et cette excitabilité spéciale aux bruits extérieurs constituent deux phénomènes différents.

Vous voyez aussi là un second chien sur lequel nous venons d'opérer comparativement avec le premier, et qui est beaucoup plus excitable que lui, quoiqu'il ait reçu la même dose de morphine et dans les mêmes conditions. Il ne faut pas s'en étonner; cela prouve que le système nerveux n'a pas chez tous les chiens la même susceptibilité, une irritabilité égale, et c'est un fait qu'on a souvent occasion de constater dans les expériences physiologiques, suivant l'âge, la race, le volume, etc., des animaux sur lesquels on opère.

---

(1) Leçon d'ouverture du cours d'histoire universelle, faite à Iéna en 1789.

(2) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 346, 381, 392 et 446, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars, 10, 17 et 24 avril, 1er, 15, 22 mai et 12 juin 1869.

si, je me souviens qu'en expérimentant sur le système ux grand sympathique chez les chevaux, je trouvais de es différences au point de vue de l'excitabilité de ces entre les divers sujets employés, suivant la race à la- ils appartenaient. J'opérais sur des chevaux bretons des chevaux anglais; les chevaux anglais étaient beau- plus excitables que les autres. Ces différences de races lines sont du reste bien connues, et on les explique vul- nent en les rattachant au sang. C'est là une sorte d'ex- on métaphorique qui est synonyme de race; car, prise lettre, elle n'exprimerait pas la vérité. Ces variations tabilité ne tiennent pas au sang, elles dérivent du sys- nerveux.

z l'homme, les différences de cet ordre sont aussi fort es, et l'on sait à quel point les gens nerveux sont plus bles que les autres; c'est ce que les médecins appel- s *idiosyncrasies* individuelles. Il en est de même chez en, et ce sont des différences d'excitabilité nerveuse de dre qui se traduisent sur les deux chiens que vous devant vous.

enons maintenant à la combinaison des effets physiolo- du chloroforme et de la morphine, dont nous avons arlé la semaine dernière, et tout d'abord rappelons net- t les faits qui ont été découverts, afin d'en chercher enant l'explication.

ous avons constaté que si l'on injecte une solution de ydrate de morphine chez un animal qui vient d'éprou- s effets du chloroforme, cet animal est repris de ces ers effets, c'est-à-dire qu'il redevient insensible.

Nous avons également observé que si l'on fait inhaler du oforme à un animal narcotisé par la morphine, il faut oup moins de chloroforme qu'à l'état normal pour pro- l'insensibilité, ce qui veut dire que cette insensibilité beaucoup plus vite que dans les conditions ordinaires. étons maintenant l'expérience. Voici le premier chien ous avons narcotisé tout à l'heure avec 10 centigram- e chlorhydrate de morphine, et qui manifestait si bien abilité due à la morphine. Nous lui faisons inhaler du forme, et cette excitabilité disparaît presque immédia- t, ainsi que la sensibilité.

ment pouvons-nous expliquer la combinaison de ces éries d'effets toxiques?

a d'abord une première chose à constater, c'est qu'il nple superposition des deux effets, sans qu'il y ait ni naison proprement dite ni antagonisme. Les deux effets, superposant, restent distincts et ne se modifient ni l'un tre. Du reste, je n'ai jamais vu les choses se passer au- nt dans tous les prétendus cas d'antagonisme entre mé- ents ou poisons qu'on a prétendu exister, par exemple, e curare opposé à la strychnine, pour l'atropine oppo- a morphine, etc.

ons maintenant de quelle manière les choses se passent l'organisme. Le chloroforme pénètre dans l'économie voie de l'inhalation pulmonaire, et s'introduit ainsi le sang pour aller atteindre la cellule sensitive sur le porte son action élective. Nous avons montré que ce t est absolument nécessaire.

r que l'anesthésie se produise, il faut donc en premier ue le chloroforme soit dans le sang. Mais rappelons ici e nous avons déjà dit : il faut en outre que la sub- stance se trouve dans le sang en quantité suffisante. Nous savons déjà que si l'on introduisait trop peu de chloroforme à la fois dans le sang, l'élimination, conservant son activité normale, enlèverait ce chloroforme à peu près complétement au fur et à mesure de son entrée, de telle sorte qu'à aucun moment il ne s'en trouverait dans le sang une quantité suffisante pour entraîner l'anesthésie. C'est ce qui arrive du reste, ainsi que je vous l'ai encore expliqué, pour toutes les substances actives employées dans ces conditions. Ainsi, on peut faire passer des quantités considérables de strychnine à travers l'organisme sans produire aucun phénomène toxique, pourvu que le poison soit introduit avec assez de lenteur pour que le sang n'en contienne jamais une quantité trop grande.

Ceci posé, dans quelles conditions se trouve l'organisme au moment où l'animal revient des effets du chloroforme? Quelle est la cause de ce retour à l'état normal? C'est que le chloroforme s'est en partie éliminé.

Toutefois, au moment où la sensibilité reparaît, il reste encore du chloroforme dans le sang; seulement il n'y en a plus une proportion suffisante pour que le sang conserve son influence anesthésique. Voilà pourquoi l'anesthésie prend fin. Mais si l'on redonne à l'animal un peu de chloroforme, la proportion nécessaire pour rendre le sang anesthésique sera bientôt atteinte de nouveau, et l'animal sera repris d'insensibilité. Ici tout est facile à comprendre.

Mais si, au lieu de faire inhaler une seconde fois du chloroforme, on injecte de la morphine, les effets anesthésiques du chloroforme reparaissent encore. A quoi peut tenir cette identité de résultats obtenue à la suite de deux opérations différentes? Voici une première explication qui se présente à l'esprit. La morphine a pour effet d'émousser les nerfs, de les rendre moins sensibles, la proportion de chloroforme restée dans le sang ne suffisant plus à rendre les nerfs insensibles; mais maintenant que cette sensibilité a diminué, s'est émoussée sous l'influence de la morphine, la même proportion de chloroforme, tout à l'heure impuissante, est assez forte pour déterminer l'insensibilité. Cette explication se trouve du reste d'accord avec les différences que peuvent présenter les phénomènes.

Dans divers cas, j'ai vu que l'anesthésie chloroformique ne se reproduisait pas sous l'influence de la morphine lorsqu'on administrait la substance chez un animal chloroformé d'une manière insuffisante, ou dans un moment trop éloigné de celui où l'animal avait été soumis au chloroforme. Voici comment on peut se rendre compte de ces résultats et quand on peut les prévoir.

1° Lorsqu'on attend trop longtemps après le retour de la sensibilité pour administrer la morphine. Alors la quantité de chloroforme qui restait encore dans le sang à la fin de l'anesthésie s'est peu à peu éliminée, et, au moment où l'on injecte de la morphine, il ne s'en trouve plus assez pour anesthésier même des nerfs morphinés, bien qu'ils soient émoussés par l'action narcotique.

2° Lorsque l'administration primitive du chloroforme n'a pas duré assez longtemps. L'anesthésie a bien pu se manifester, mais elle n'a pas persisté assez longtemps pour permettre l'accumulation dans le sang d'une quantité de chloroforme suffisamment considérable. Aussi l'élimination a-t-elle bientôt épuisé cette faible provision de substance anesthésique dès que l'inhalation ne vient plus l'entretenir et l'accroître; c'est pourquoi l'action déprimante de la morphine sur la sensibilité

n'est plus susceptible de faire reparaître les effets du chloroforme.

Il faut donc, pour réussir, opérer sur des sujets qui ont subi longtemps l'action du chloroforme. C'est en effet dans cet état que se trouvait le malade de M. Neubaum, et c'était aussi le cas des animaux sur lesquels nous avons observé pour la première fois ce retour de l'insensibilité chloroformique à la suite d'injections morphinées.

On se souvient que nous avons combiné aussi la morphine et le chloroforme dans un ordre inverse, c'est-à-dire en donnant d'abord la morphine et ensuite le chloroforme.

La même théorie expliquerait pourquoi un animal déjà morphiné peut être anesthésié avec une quantité de chloroforme beaucoup moindre qu'il n'en faudrait pour un animal à l'état normal. En effet, l'action de la morphine a eu pour résultat d'émousser les nerfs de telle sorte que la sensibilité a diminué d'intensité. Ces nerfs déjà émoussés sont anesthésiés par du sang contenant une proportion de chloroforme qui serait insuffisante pour détruire la sensibilité des mêmes nerfs à l'état normal. La morphine doit donc rendre les animaux plus sensibles à l'action du chloroforme.

Quant à la manifestation de l'insensibilité, elle suit la même marche que sous l'influence du chloroforme seul; nous l'avons indiquée ailleurs, nous n'y reviendrons pas.

Je remets encore ici sous vos yeux une de ces expériences de combinaison de chloroforme et de morphine. Vous voyez sur ce chien combien est complet l'état de relâchement, de résolution musculaire qu'on obtient par cette addition des effets du chloroforme à ceux de la morphine. A l'aide de ce moyen contentif, comme je vous l'ai déjà dit, on peut exécuter facilement les expériences les plus difficiles. Ainsi, sur le chien qui est devant vous, nous avons pu pénétrer jusqu'au fond de la gueule et du pharynx pour aller couper le nerf lingual à son émergence, ce qu'un chien à l'état normal ou même soit simplement chloroformé, soit seulement morphiné, ne laisserait jamais faire.

Examinons maintenant les effets généraux que produit sur l'économie l'administration successive de ces deux substances, chloroforme et morphine.

En ce qui concerne le chloroforme, nous avons déjà montré (voyez ci-dessus, p. 310 et 333, 17 et 24 avril 1869) que son action consistait à supprimer les propriétés des nerfs sensitifs en les attaquant par leurs centres médullaires. Il ne faudrait donc pas l'employer comme moyen contentif, si l'on voulait, par exemple, étudier des actions réflexes qui exigent l'intervention de la sensibilité.

Cependant, même dans ce cas, le chloroforme pourrait rendre des services lorsqu'on est obligé de faire des mutilations préparatoires, afin de pouvoir observer les phénomènes qu'on étudie, par exemple lorsqu'on ouvre le canal vertébral pour examiner les propriétés des racines nerveuses. Voici comment il faut alors s'y prendre. On chloroformise d'abord l'animal pour opérer ces grandes mutilations pendant l'anesthésie; puis on laisse la sensibilité reparaître, et l'on peut alors faire ses expériences après avoir esquivé ainsi la période la plus douloureuse et la plus difficile de l'opération.

Nous n'avons rien de plus à ajouter pour le chloroforme; mais il nous reste maintenant à parler des effets de la morphine.

Sur quels éléments organiques agit la morphine? Vous savez que c'est toujours ainsi qu'on doit se poser aujourd'hui
un problème physiologique. Quand il s'agit d'une fonc
ou de phénomènes organiques, il faut toujours les ram
à leurs conditions élémentaires; quand il s'agit d'un a
toxique, il faut se demander sur quel élément porte son a
élective.

On prévoit bien, par le seul aspect extérieur des faits, q
morphine agit sur le système nerveux; mais cela ne
pas. Il faut encore savoir précisément sur quelle parti
système nerveux elle agit.

Tout d'abord elle n'agit pas sur le système sensitif; ou
moins, ce n'est pas à la manière du chloroforme, car vous v
que les nerfs, devenus seulement engourdis ou paresseux
conservé leur sensibilité; ils présentent même une ex
bilité sensitive particulière très-notable.

On soupçonne depuis longtemps, et l'on a déjà dit bien
fois que la morphine agissait sur le cerveau. Mais il ne
pas d'avancer une opinion, même fort vraisemblable, il
la prouver par des faits. C'est là le but de toute science
rimentale, et de la médecine expérimentale pour le cas p
culier qui nous occupe.

Malheureusement, il se présente ici une difficulté pra
extrêmement grave. En effet, les effets propres de la
phine devront manifester une intensité qui sera en ra
avec le développement de certaines propriétés céréb
Mais vous savez qu'on ne peut guère opérer des analyses
siologiques complètes que sur les animaux à sang froid,
que les phénomènes vitaux disparaissent trop vite ch
animaux à sang chaud. Aussi les expériences physiolog
se font-elles le plus souvent sur des grenouilles, ani
dont les tissus sont doués d'une vitalité beaucoup plus te
mais les grenouilles sont réfractaires à l'action narcotiq
la morphine, de telle sorte qu'il est fort peu aisé d'étu
chez elles les manifestations et surtout les variations de
action. Pour se tirer de cette difficulté, nous avons pe
changer d'objectif, et, au lieu d'examiner l'action hypno
de la morphine, qui passerait presque toujours insens
nous avons étudié l'action d'excitabilité, qui est au cont
très-intense chez ces animaux.

Voici trois expériences entreprises dans le but de
éclairer sur le lieu de l'action de la morphine.

1° Une grenouille est décapitée; puis on lui injecte
dose convenable de morphine. L'excitabilité particulière
nous prenons comme signe de l'action de cette substanc
s'est pas manifestée.

2° On prend une autre grenouille déjà morphinée et o
coupe la moelle épinière à sa sortie de la boîte céphal
L'excitabilité de la morphine disparaît tout de suite dans
le corps.

3° On prend une grenouille morphinée, et on lui cou
moelle épinière, non plus à son origine, mais seulement
les aisselles. Les bras seuls conservent leur excita
morphinique, et les pattes postérieures la perdent aussit

Ces expériences sembleraient démontrer que la morp
agit sur des éléments cérébraux, mais sur lesquels de ces
ments? Nous ne le savons pas; et le point serait impo
à connaître, car il y a certainement dans le cerveau des
ments fort divers par leurs fonctions. Mais cette action p
à coup sûr sur des éléments élevés, de sorte que ce n'est
chez l'homme et les animaux supérieurs qu'on pourrait en
l'étude. On sait du reste que l'abus de l'opium, — où la m
phine domine par sa proportion relativement considérabl

: des troubles intellectuels fort intenses et très-per-

sumé, comme conclusion de nos expériences sur les ;, nous pouvons dire que la morphine a pour effet de ıer l'action cérébrale, non-seulement comme mani- intellectuelle, mais encore comme influence modé- ır le reste du système nerveux; et c'est sans doute 'il faut expliquer l'excitabilité nerveuse qui se produit en même temps qu'on administre la morphine.

enant la morphine agit-elle sur les nerfs moteurs? priétés motrices ne sont certainement point perdues; t-elles augmentées ou diminuées? C'est un point qu'il examiner et qui n'est résolu jusqu'ici par aucune ıce directe.

on locale de la morphine est un de ses effets les plus ables; en voici la preuve : Hier, trois pigeons avaient s avec les mêmes grains et tous trois avaient le gésier npli. Sur l'un d'eux seulement on injecta 10 centi- s de morphine dans le gésier avec les aliments. Cette oique forte relativement, n'a pas produit d'effet ue bien sensible chez le pigeon : nous savons déjà animal est réfractaire à la morphine sous ce rapport. ligestion a été complétement arrêtée, et l'on peut fa- constater aujourd'hui que le gésier est encore com- nt plein, tandis que chez les pigeons non morphinés est entièrement vide, parce que la digestion a suivi s normal.

là une action locale ou une action générale? it naturellement supposer que c'est une action lo- ce qui porterait surtout à le croire, c'est que les au- *ctions* continuent à s'accomplir; peut-être seulement s sécrétions digestives sont-elles interrompues. Mais cependant pas impossible non plus que ce soit une énérale dérivant du cerveau. J'ai, en effet, observé nême résultat se produisait quand on injectait la e sous la peau, au lieu de l'introduire directement ésier.

, du reste, que beaucoup de phénomènes cérébraux nt la digestion; à côté du sommeil de l'opium, on r le sommeil naturel et même le sommeil chlorofor-

st cependant pas la somnolence qui doit agir par ne, car, dans notre cas, le pigeon morphiné ne dort out. Il y a donc là une action propre sur la digestion, ait intéressant de poursuivre afin de savoir si cette rive réellement de l'influence cérébrale; en effet, si eut la rapporter à cette origine, il faudrait l'expli- une modification du système nerveux grand sympa- t alors il faudrait peut-être s'en référer à une action ntres nerveux inférieurs ganglionnaires ou autres.

oyez donc que nous sommes loin de considérer l'ac- a morphine comme expliquée; seulement nous pou- r qu'elle est une des questions les plus dignes de es physiologistes et des médecins.

XIV

Combinaison des effets de la morphine avec ceux du chloroforme (suite). — Double action de la morphine. — Action physiologique de la thébaïne et des autres alcaloïdes de l'opium. — Énergie toxique relative de l'opium et de la morphine.

Nous avons vu que la morphine exerce deux actions sur l'organisme, l'une endormante ou engourdissante et l'autre excitante; cette dernière est secondaire chez la plupart des animaux supérieurs, comme les mammifères, tandis qu'elle est plus caractéristique chez beaucoup d'animaux inférieurs, tels que les grenouilles par exemple.

Le chloroforme éteint complétement et avec rapidité l'excitabilité et la sensibilité des nerfs influencés par la morphine. Tout cela est bien établi par nos expériences antérieures. On voit donc que le chloroforme et la morphine (en faisant abstraction de leur action excitante, qui se comporterait diversement, pour considérer seulement leur effet final et total ordinaire) agissent dans le même sens, s'ajoutent pour ainsi dire quant à leurs effets anesthésiques et soporifiques, comme le feraient deux quantités de même nature.

On a beaucoup parlé dans ces derniers temps de l'antagonisme des médicaments ou de leurs alliances d'effets. Faut-il conclure, lorsqu'on parle d'antagonisme entre les effets de deux substances, que ces substances exercent des actions contraires, ou que, lorsqu'on dit que leurs effets s'ajoutent, cela suppose que leur action est absolument identique? On voit que ce serait une erreur, car les effets de la morphine et du chloroforme peuvent s'ajouter; et cependant ils appartiennent à des substances distinctes, car nous les avons étudiées à part, et nous avons reconnu à chacune d'elles des caractères différents.

Toutefois, pour arriver à concevoir ces associations de deux substances dans leur effet final, il faut que nous démontrions que les différences d'action ne se produisent que dans leur mode de manifestation et non en réalité dans leur nature.

Si le chloroforme amène très-rapidement et à petite dose l'anesthésie des nerfs sensitifs sur un animal soumis à l'influence de la morphine, est-ce à dire pour cela qu'il faut admettre que la morphine est aussi un anesthésique, et qu'elle commence une véritable anesthésie du nerf sensitif comme le ferait une petite dose de chloroforme? Évidemment non; car, s'il en était ainsi, on ne verrait pas pourquoi elle ne pourrait pas achever, avec une dose suffisamment considérable, cette anesthésie qu'elle aurait pu commencer avec une dose relativement faible : et c'est ce qui n'a pas lieu.

La morphine n'est donc pas un anesthésique comme le chloroforme; mais elle a cela de commun avec lui, qu'elle agit sur le même élément organique, l'élément sensitif, et elle tend à détruire ses propriétés physiologiques.

Rappelons cependant que l'action de la morphine paraît contraire au premier abord, car elle augmente l'excitabilité nerveuse que le chloroforme éteint. Cette apparente contradiction va disparaître devant une étude plus approfondie des phénomènes.

En effet, quand on étudie les lois de l'action physiologique, pathologique ou thérapeutique des médicaments ou des poisons, qui est au fond la même, il ne faut jamais perdre de vue la manière dont meurt chaque élément organique.

Les poisons constituent un moyen d'analyse des propriétés nerveuses, des sortes de scalpels physiologiques beaucoup plus délicats et plus substils que les scalpels ordinaires; leur action consiste en effet à détruire telle propriété ou tel élément, et un élément organique meurt toujours de la même manière. De sorte que lorsque deux substances agissent sur le même élément, elles finissent par s'ajouter dans une action commune, quoique chacune, prise isolément, puisse avoir des traits spéciaux qui caractérisent les périodes de ses effets.

Voyons donc comment les tissus vivants en général, et les éléments nerveux en particulier, perdent leurs propriétés. Des divers éléments de l'organisme, c'est le nerf sensitif qui meurt probablement le premier. Ainsi, quand on supprime le sang d'un organisme, par exemple en faisant périr l'animal par hémorrhagie, la sensibilité disparaît d'abord, à un moment où la motricité, la contractilité, les propriétés du sang, etc., persistent encore.

Maintenant, comment meurt le nerf sensitif? Il perd son excitabilité et ses propriétés vitales sans doute; mais les perd-il graduellement, de façon que, par exemple, l'excitabilité nerveuse normale étant représentée par 20, elle descende progressivement de 20 à 19, puis à 18, puis à 17, et ainsi de suite, jusqu'à devenir nulle? Non, ce n'est pas ainsi que se passent les choses; et ce que nous allons dire de l'élément sensitif s'appliquera également à tous les autres éléments histologiques, élément musculaire, élément nerveux moteur, etc.

Quand un élément histologique meurt ou tend à mourir, son irritabilité, avant de diminuer, commence toujours par augmenter; et ce n'est qu'après cette exaltation primitive, qu'elle redescend et s'éteint progressivement. J'ai institué autrefois des expériences pour démontrer cette proposition; il est facile de les répéter, soit en faisant mourir un animal (à sang froid préférablement, à cause de la durée possible de l'observation), soit en administrant des substances toxiques. Relativement au chloroforme, qui éteint les propriétés du nerf sensitif, il avait déjà été dit que cette substance exerçait une action primitivement excitante. M. Traube (de Berlin), je crois, a particulièrement insisté sur ce point de vue relativement à l'action de diverses substances. L'influence du chloroforme provoquerait donc d'abord une période d'exaltation de la sensibilité, suivie d'une période d'affaissement. Puis, lorsque le chloroforme s'exhale et que le sang redevient normal, la sensibilité reparaît progressivement, comme cela aurait lieu dans le cas de la mort naturelle, si l'on rendait du sang artériel à l'organisme.

Ceci posé, revenons maintenant aux effets combinés du chloroforme et de la morphine, et cherchons à bien comprendre le mécanisme de leur action superposée ou simultanée.

Indépendamment de son effet somnifère, nous rappellerons que la morphine a aussi pour caractère d'augmenter l'excitabilité du nerf sensitif. Cette action se traduit par l'impressionnabilité toute spéciale que nous avons constatée chez les animaux narcotisés. Cette impressionnabilité des nerfs serait peut-être due à l'action de la morphine sur les centres nerveux qui agissent comme modérateurs de l'excitabilité nerveuse, ainsi que je l'ai constaté, avec d'autres physiologistes, dans des expériences déjà anciennes. Si nous administrons du chloroforme à l'animal rendu excitable sous l'influence de la morphine, il en résulte que la substance agit sur des nerfs sensitifs dont l'excitabilité est exagérée; et c'est précisément cette circonstance qui permet de l'étouffer avec une dose de chloroforme notablement inférieure à celle qu'il faudrait employer pour un nerf à l'état normal.

En effet, plus un élément histologique est excitable, plus il est facile à empoisonner, c'est-à-dire à faire mourir. C'est là un fait général qu'on peut vérifier dans une foule de circonstances différentes. Toutes les fois qu'une substance aura déjà agi sur un élément pour le modifier, une autre substance, agissant ensuite sur le même élément, agira toujours plus énergiquement. C'est parce que l'élément était déjà sous une influence qui tendait à le faire mourir, quelle que soit d'ailleurs la période de cette tendance. C'est ce qui arrive dans le cas de la morphine et du chloroforme. Le nerf, rendu plus excitable par la morphine, est plus vite atteint par le chloroforme que s'il était à l'état normal. Telle est l'explication de ce phénomène, suivant l'état actuel de nos connaissances dans l'étude de ces actions médicamenteuses complexes qui sont encore, on le conçoit, entourées d'épaisses ténèbres.

C'est pourquoi nous ne pouvons pas nous arrêter davantage sur ces questions, qui sont cependant si intéressantes, qu'on y est pour ainsi dire retenu malgré soi. C'est ici qu'on pourrait dire, avec Priestley, que chaque fait qu'on découvre en indique vingt autres à découvrir. Car cette explication, que nous essayons de donner ici, nous conduirait à examiner successivement l'explication d'une foule d'autres actions médicamenteuses ou toxiques.

La sensibilité n'appartient pas en réalité aux nerfs sensitifs; elle ne se produit qu'en un point du bulbe rachidien. Cela est si vrai que, si l'on coupe les nerfs, leur pincement ne produit plus de douleur. Pour mettre en jeu la sensibilité proprement dite, il faut atteindre directement ou indirectement le *sensorium commune*. Mais, outre cette sensibilité, il y a l'irritabilité particulière du nerf sensitif, qui provoque des actions réflexes.

La morphine, avons-nous dit, possède une double action: elle endort la douleur, qui a son siége dans le *sensorium commune*; mais elle exalte l'irritabilité sensitive, qui est l'origine des actions réflexes. Eh bien! ne semblerait-il pas que la morphine produise là deux effets distincts dérivant de deux causes différentes, et faudrait-il admettre qu'il y a dans la morphine deux substances douées, l'une de la vertu soporifique, et l'autre de la vertu excitative?

Sans doute cette supposition pourrait être faite, et l'on peut dire que dans des sciences aussi peu avancées que la science des actions médicamenteuses, ce qui est absurde suivant les théories n'est pas impossible. Il est vrai que la morphine que nous employons a été préparée de manière à être pure, et présente les caractères chimiques de la pureté; mais il ne faut pas oublier comment on arrive à la séparer des autres alcaloïdes de l'opium; c'est surtout en profitant des différences de solubilité dans divers menstrues, et il est clair qu'une pareille méthode pourrait, à la rigueur, ne pas permettre toujours d'écarter à coup sûr toute possibilité de mélange.

Il n'y aurait donc pas d'obstacle absolu qui nous empêcherait de supposer la réunion dans la morphine de deux substances distinctes.

Nous savons, en effet, qu'elle est à la fois excitante et soporifique. Or, la narcéine est soporifique sans être excitante à un aussi haut degré, et la narcotine est excitante sans être soporifique. La morphine semblerait donc tenir le milieu

ces deux substances, avec lesquelles on la trouve mé- dans l'opium, et réunir peut-être en elle leurs pro- s opposées.

i une grenouille qui a reçu, en injection sous-cutanée, narcéine. Vous voyez qu'elle semble présenter une exci- é moindre. Au contraire, cette autre grenouille, qui a a même dose de morphine, paraît beaucoup plus exci- comme vous avez déjà eu l'occasion de le voir plusieurs lu reste, ni l'une ni l'autre ne manifestent d'effet sopori- ce que nous savons déjà aussi. Chez les animaux supé- , mammifères, les effets d'excitabilité de la narcéine eaucoup plus fugaces et moins visibles ; c'est pourquoi n soporifique est plus rapide. Peut-être est-ce à cela due la propriété de la narcéine de produire moins de lalgie; ce qui nous a porté à proposer de la substituer 'homme à la morphine.

tefois l'hypothèse qu'on pourrait faire sur l'existence a morphine de deux substances, l'une excitante, l'autre fique, n'a rien jusqu'ici qui la justifie. Nous pouvons voir autrement cette dualité d'action de la morphine. ivons dit, en effet, que toute substance soporifique est d excitante; il n'y aurait donc là que deux périodes même action physiologique que nous retrouvons aussi chloroforme. Seulement ces deux périodes peuvent, t les substances, avoir des durées ou des intensités re- variables, ce qui constitue les différences en plus ou ins que nous avons constatées.

s avons insisté surtout sur la morphine, qui est de beau- le plus abondant ou le plus usuel des alcaloïdes de l'o- mais il y en a encore d'autres qui sont beaucoup plus Nous en avons indiqué principalement six, dont trois rincipalement soporifiques, et les trois autres presque ivement excitants.

ni les trois soporifiques, la narcéine est la plus faible- excitante. On peut donc dresser de ces trois corps le suivant :

l'ordre de leur intensité soporifique, nous avons :

narcéine. — Très-peu d'excitabilité.

morphine. — Assez d'excitabilité.

codéine. — Plus d'excitabilité encore.

trois alcaloïdes de l'opium dépourvus de propriétés iques et dans l'ordre croissant de leurs propriétés exci- sont :

narcotine,

papavérine,

thébaïne.

es trois substances, la narcotine est encore un peu so- ue, quoique très-faiblement. Les deux autres ne le us du tout ; mais la propriété excitante est infiniment ande chez elle que dans la morphine et la codéine. Ce bserve déjà pour la narcotine ; mais il est bien plus ac- ncore pour la papavérine, que nous avons malheureu- t trop peu étudiée, à cause des difficultés qu'on ren- à se la procurer. Quant à la thébaïne, ce n'est plus ent un excitant, c'est un convulsivant des plus éner-

différences de propriétés, et surtout d'intensité de cha- opriété chez ces alcaloïdes, expliquent leurs différences gie toxique. Ainsi, une même dose d'opium est sensi- it plus toxique qu'une dose égale de morphine, quoique la morphine soit une substance pure où tout est actif, tandis que l'opium, comme tous les extraits, contient beaucoup de matière inerte qu'il faudrait défalquer pour avoir la masse qui agit réellement.

Voici deux pigeons choisis dans des conditions comparables. L'un reçoit sous les aisselles 10 centigrammes d'opium en injection hypodermique ; l'autre reçoit de la même manière 10 centigrammes de morphine. L'opération se fait à deux heures cinquante-cinq minutes. Au bout de six minutes, à trois heures une minute, vous voyez le pigeon qui a reçu de l'opium pris de convulsions violentes qui ne vont pas tarder à se terminer par sa mort, tandis que le pigeon opéré avec de la morphine ne manifeste aucun trouble et se trouvera encore de même à la fin de la leçon. Ainsi, un pigeon peut être tué par une dose de 10 centigrammes d'opium, tandis que la même dose de morphine produit à peine sur lui un effet sensible.

Les effets toxiques de l'opium total doivent être produits surtout par la thébaïne, et aussi par la papavérine, qui est également assez toxique. Cependant ces deux substances n'existent qu'en très-petite quantité dans l'opium, et cela montre combien est grande leur énergie toxique, particulièrement celle de la thébaïne.

Pour établir que les effets toxiques de l'opium doivent être attribués surtout à la petite quantité de thébaïne qu'il contient, je vais expérimenter comparativement avec la thébaïne et l'opium total. Je prends, pour un moineau que j'empoisonne avec de la thébaïne, 5 milligrammes en injection sous-cutanée. Au bout de cinq à six minutes, cet oiseau est pris de convulsions violentes et meurt bientôt. Or, vous voyez que ces convulsions du moineau sous l'influence de la thébaïne ressemblent tout à fait aux convulsions que nous venons d'observer chez le pigeon sous l'influence de l'opium total. L'aspect général des phénomènes, leur marche et leur terminaison sont les mêmes des deux côtés.

Les expériences sur l'intensité toxique des substances étant fort délicates, pour les faire d'une manière complétement démonstrative, il faut choisir des animaux très-comparables entre eux. Lorsque j'instituai ces recherches ici même, il y a cinq ans, je faisais prendre des petits moineaux dans le même nid ; j'étais donc sûr de les avoir du même âge ; avant d'expérimenter comparativement sur les individus d'une même couvée, j'avais soin en outre de les placer dans des conditions identiques au point de vue de la digestion et à tous les autres. C'est ainsi seulement qu'on peut atteindre une rigueur scientifique suffisante pour servir de base à une induction solide.

Comme il est généralement très-difficile, ou quelquefois même impossible de se placer dans des conditions véritablement comparables, on a souvent essayé de doser les médicaments par kilogramme d'animal, de manière à rendre toutes les expériences comparables à l'aide d'un simple calcul. Mais ce n'est pas là un moyen suffisant dans tous les cas, car il s'en faut de beaucoup que le kilogramme d'animal puisse être considéré comme une unité constante au point de vue des actions toxiques ou médicamenteuses. Ainsi, un kilogramme de chien et un kilogramme de moineau, c'est très-différent quand il s'agit de mesurer l'énergie toxique d'une substance donnée, et la différence deviendrait bien plus grande encore si l'on prenait comme terme de comparaison un kilogramme d'animal à sang froid ou d'animal inférieur.

Les tissus vivants ont, il est vrai, partout les mêmes pro-

priétés chez quelque animal qu'on les considère. Mais, si la nature de ces propriétés reste invariable, leur intensité est susceptible de varier dans des limites fort étendues, par suite des différences de conditions physico-chimiques dans lesquelles se trouve placé l'animal en bloc (milieu général ou cosmique), et chaque tissu en particulier (milieu intérieur). On comprend que la taille, à elle seule, est souvent capable de modifier ces conditions, et il en est de même de toutes les particularités de structure organique qui peuvent agir sur la vitesse ou le mode de l'absorption. A ce propos, je ne saurais trop insister sur les phénomènes d'absorption dont je vous ai bien souvent entretenus, et qui ont si grande influence sur les manifestations de l'activité des substances toxiques ou médicamenteuses. La thérapeutique ne pourra devenir vraiment scientifique que lorsqu'on aura le moyen de régler exactement l'absorption des médicaments. La méthode sous-cutanée, qu'on emploie aujourd'hui de plus en plus, présente encore de grandes imperfections et de grandes variations, soit à l'état physiologique, soit à l'état pathologique. Il y a cinq ans, lorsque je traitais ici des mêmes sujets, j'ai fait des expériences nombreuses pour prouver que c'est l'absorption pulmonaire qui est la plus efficace et la plus exacte de toutes. Elle peut être appliquée, non-seulement aux substances gazeuses, mais aussi aux substances liquides. J'ai fait des injections dans la trachée, sans entraîner plus de désordres que pour une injection sous-cutanée; la substance est alors injectée goutte à goutte, sans produire aucun phénomène de toux ni de suffocation, et elle peut agir immédiatement, car elle est aussitôt portée dans le ventricule gauche. Je suis convaincu que, chez l'homme, cette manière de procéder pourra offrir de grands avantages dans les cas où il faudra agir activement et dans des circonstances morbides où l'absorption par les voies ordinaires est devenue impossible ou insuffisante.

Vous voyez donc qu'il faut toujours en arriver à des procédés tout à fait précis, et à des substances complétement pures, pour obtenir des effets bien observés et comparables, les seuls qui puissent servir de base à la science.

Enfin l'opium, mieux qu'aucun autre exemple, montre qu'il ne faut point prendre comme vérité absolue la maxime de Jussieu, d'après laquelle les plantes d'une même famille produisaient toujours des substances douées de propriétés analogues. L'opium, en effet, qui provient d'une seule plante, le pavot, contient à la fois un assez grand nombre d'alcaloïdes doués des propriétés physiologiques les plus diverses, ou même les plus opposées, puisque les uns sont très-soporifiques, tandis que d'autres sont énergiquement convulsivants.

Pour terminer l'étude que nous devions faire de la morphine, il nous reste surtout à examiner son influence sur les diverses sécrétions, dont nous avons déjà dit un mot à propos de l'arrêt de la digestion chez le pigeon. Ce sera l'objet principal de notre prochaine leçon.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

M. BIENAYMÉ
de l'Institut

Recherches de M. Bérigny sur la pluviométrie.

Parmi les nombreux envois adressés à l'Académie et soumis à votre Commission, elle a distingué surtout la collection d'observations météorologiques faites à Versailles, pendant vingt et un ans, par M. Bérigny. Il a eu pour collaborateur, dans les dernières années, M. Rich de Sedan, que la science vient de perdre prématurément, et il été lui-même, pendant les premières, l'adjoint fidèle de M. Hæg de regrettable mémoire. La météorologie fait de grands efforts, d quelques années principalement, pour se constituer à l'état de sci et tout donne l'espoir qu'elle y parviendra. Mais c'est un espoir à gue échéance encore. Dès qu'on s'en occupe, on voit bien ce qu différer les sciences d'observation et les sciences d'expérience. La téorologie ne reproduit jamais l'objet de ses études. Le passé est p s'il n'a été enregistré avec intelligence et en même temps avec tie. Il faut conserver toutes les observations, car on ignore l'usag en sera fait. Il faut décrire avec attention tous les instruments, c ront-ils comparables? M. Bérigny a eu, durant de longues anné persévérance bien méritoire, réunie à l'exactitude savante, indi sable, de recueillir des données météorologiques journalières qu' trouve pas souvent constatées par le même observateur pend longtemps. Trois fois par jour, ses tableaux présentent l'état du mètre, du thermomètre, de l'hygromètre; la direction et l'intensit vent, la forme des nuages, la nébulosité du ciel, enfin la quantit pluie tombée le jour et la nuit. Ils sont suivis de résumés annu d'un journal météorologique qui pourra aider beaucoup ses success Car c'est pour l'avenir qu'il a travaillé, presque pour la postéri n'est pas de ceux qui se hâtent de tirer des conclusions d'un trop nombre d'observations. Il sait ce que valent ces conclusions prém rées. Pour n'en citer ici qu'un exemple aussi instructif que celui été tiré des registres tenus pendant quarante ans à Poitiers par M. Mazière (un médecin, comme l'est M. Bérigny), voici un résumé quantités de pluie tombées à Versailles pendant les deux périodes, dix ans l'une, qu'on peut former avec les vingt et une années d Recueil :

	1847-1856.	1857-1866.	20 ans.
Hiver.	1045mm	1134mm	2179mm
Printemps.	1729	1354	3083
Été.	1490	1650	3140
Automne.	1328	1350	2678
Année moyenne.	559	549	554

On aperçoit immédiatement que dix années ne suffisent pas à déci de la saison qui donne le maximum des pluies. Dans la première p riode de dix ans, il est tombé au printemps; dans la deuxième, tombe en été. L'ensemble des vingt années n'indique rien de pos à cet égard, et sans doute il faudra encore plus d'un laps de vingt pour prononcer en toute sécurité. Qu'on ne croie pas que la posit annuelle du maximum de l'eau du ciel n'ait qu'un intérêt de curiosi cette position importe beaucoup dans la culture, et notamment dans culture des bois. Si, après une coupe, les pluies d'été viennent à m quer, les jeunes plantes sont anéanties par la sécheresse. A Poitie les pluies d'été sont moins abondantes que les pluies d'automne; à V sailles, c'est le contraire. On peut donc dire en général qu'il fau bien plus de prévoyance et de soins de la part d'un forestier pour d ger les coupes sous le climat de la Haute-Vienne que sous celui Seine-et-Oise. Mais on ne doit parler ainsi qu'en général, car déjà météorologistes semblent reconnaître qu'à des distances peu consi rables on rencontre parfois des quantités d'eau très-différentes s les saisons.

C'est avec regret qu'il faut ici se borner à ce curieux extrait seul point des résultats dus à M. Bérigny. Il y aurait pourtant une f de conséquences intéressantes à en déduire; mais toujours sous restriction, qu'il ne s'agit encore que de vingt et une années, et c'est un temps bien court en météorologie.

La vie moyenne dans l'Ain, par M. Ébrard

Un ouvrage d'un ordre très-différent paraît à votre Commission riter une mention très-honorable : c'est un *Essai historique et sta tique sur les Établissements de bienfaisance de la ville de Bourg*, M. le docteur Ébrard. Les développements historiques sur chacune institutions charitables de la petite ville de 11 000 âmes, chef-lieu de l' l'emportent de beaucoup sur la partie statistique dans ce volume 500 pages. Mais la statistique est faite avec soin, consciencieusem et résulte des recherches personnelles de l'auteur. Il a remonté dans registres de la ville jusqu'à l'année 1561, et il y a relevé un à un les actes pour six périodes de cinq ans et une de trois, jusqu'en 18 Aussi avoue-t-il qu'il n'aurait pas eu le courage d'entreprendre de tel recherches s'il avait *prévu combien elles exigeaient de temps et de tience*. C'est pour s'excuser de réduire ainsi aux faits de trente-tr ans, épars sur trois siècles entiers, les données relatives aux mou

a population, que M. Ébrard fait cet aveu ; il n'a rien de sur-
ur ceux qui se sont occupés de statistique véritable, qui ont
ruire un ensemble avec des détails solides et qui ne se sont
tés de généralités trompeuses, dont chacun fait à peu près ce

e contient des documents multipliés qu'apprécieront sans nul
les hommes, très-nombreux de nos jours, qui prennent à
ercice et la bonne direction de la bienfaisance publique,
la charité privée. Malgré la réserve et la modération avec
il y est parlé de la gestion du bien des pauvres pendant trois
on voit clairement toutes les difficultés qui se rencontrent
rche des sociétés de bienfaisance, tous les obstacles qui pa-
s meilleures intentions, tous les abus qui lassent les dévoue-
lécouragent les plus fermes volontés. C'est surtout en détour-
sibiement les fonds de charité vers des objets, respectables
ice, mais en réalité destructifs par l'envahissement dont ils
t le germe, qu'on a successivement anéanti plus d'une fon-
s la ville de Bourg : car la charité des classes aisées ne pa-
fait défaut à aucune époque. Mais la gestion a été souvent
faite, et il y a tel établissement qui, inscrivant dans ses
000 francs pour des vieillards qui n'existaient pas, distribuait
me en secours donnés sans discernement. Les renseignements
me manquent pas dans le recueil de l'auteur. Ils y sont ce-
op restreints le plus souvent et n'ont plus dès lors un intérêt
est plus à propos de citer ici quelques points relatifs à la
la vie humaine : d'abord l'âge moyen des mariages, qui ne
frir d'erreur notable. Cet âge a été, pour cinq ans, aux

	Hommes.	Femmes.
668 à 1673	31 ans 6 mois.	27 ans 7 mois.
738 à 1742	29 ans 8 mois.	28 ans 6 mois.
826 à 1830	32 ans 1 mois.	28 ans 1 mois.
856 à 1860	32 ans 6 mois.	28 ans 1 mois.

rès-remarquable que, malgré la brièveté des périodes relevées
our, et le petit nombre des mariages annuels, qui n'a pas ex-
, chiffre le plus récent, il est très-remarquable que cet âge
varié. L'auteur en pouvait tirer la présomption que la durée
variait bien peu. Mais il a cherché ailleurs des procédés pour
la vie moyenne, et il la croit augmentée de moitié. Voici
D'une part, il prend le quotient de la population par les dé-
re part, il fait le calcul de l'âge moyen des décédés. Il trouve

	Par le quotient.	Par l'âge moyen.
658 à 1663	26 ans 8 mois.	22 ans.
738 à 1742	22 ans 7 mois.	23 ans 7 mois.
780 à 1790	23 ans 2 mois.	27 ans.
826 à 1830	33 ans 7 mois.	37 ans.
856 à 1860	39 ans 6 mois.	36 ans.

s Recueils statistiques emploient encore à présent les mêmes
qui donnent des résultats si flatteurs pour la civilisation mo-
s, on ne saurait trop le répéter, ces procédés sont tout à fait
our des populations variables comme l'a été celle de la
uis des siècles. Les survivants de la dernière circonscription
r empire ayant dépassé l'âge de soixante-douze ans, qu'y a-t-il
nant qu'on trouve aujourd'hui plus de vieillards dans les re-
décès qu'il n'y en avait il y a quarante ans, après de longues
D'un autre côté, comment comparer les relevés mal tenus des
des paroisses d'autrefois avec les registres actuels de l'état
n il y a longtemps que les travaux de Deparcieux, en France,
ntin, en Suède, de Price, en Angleterre, pour se borner à ces
jà d'une date qui s'éloigne, ont mis hors de doute la diffé-
nense qui existe d'ordinaire entre la véritable durée de la vie
et l'âge moyen des décès. Il est donc nécessaire, pour con-
e durée de la vie, de faire des recherches très-différentes et
pénibles, à la vérité.
r qui, s'il a peu de pratique de la statistique, paraît être
udicieux, a eu l'idée très-juste de séparer les décès des natifs
et des habitants qui n'y sont pas nés. Il indique d'une ma-
sommaire le résultat très-important qu'il a constaté par cette
.
uvé l'âge moyen des décès :

	Pour les natifs.	Pour les immigrants.
826 à 1830	23 ans 9 mois.	54 ans 7 mois.
856 à 1860	22 ans 7 mois.	51 ans 6 mois.

nombres n'apprennent rien sur la vraie durée de la vie, ils mettent en évidence comment une ville dont la population augmente par l'immigration voit l'âge moyen des décès s'accroître de plus en plus, sans qu'il soit possible d'en rien conclure sur la vraie valeur de la durée moyenne réelle de la vie. Ce simple renseignement positif devrait mettre en garde contre la plupart des calculs, où l'on veut trouver trop directement et sans peine, pour cette durée, les preuves d'une augmentation très-probable, qu'il convient de chercher autre part avec les soins, les peines et les dépenses que mérite une donnée si importante.

L'instruction primaire en France, par M. Fayet

M. Fayet, ancien inspecteur d'Académie, a présenté quatre brochures et un manuscrit sur les progrès et la situation de l'instruction primaire. C'est trop souvent de la statistique faite d'après des documents empruntés à des Recueils publics ; mais on y trouve réunies et fondues dans l'ensemble des recherches exactes qui appartiennent en propre à l'auteur. A la vérité, sur les quatre brochures, trois sont des Rapports sur la situation de l'instruction primaire dans le département de l'Indre, dont le préfet les a transmis au conseil général. Ces trois Rapports sont rédigés avec beaucoup de soin, et le dernier surtout offre les détails les plus intéressants sur les difficultés qu'éprouvent la diffusion de l'instruction et la création des écoles dans l'Indre, où les communes sont pauvres et où les habitations sont souvent très-éloignées du centre d'agglomération. Des tableaux bien conçus et de petites cartes teintées par cantons font voir sans peine tous les progrès de l'instruction dans ce département très-arriéré. En France, de 1857 à 1861, sur 100 jeunes gens appelés au recrutement, 30 seulement ne savaient ni lire ni écrire. Dans l'Indre la proportion était presque renversée vers la même époque. Mais déjà le progrès s'y faisait sentir, et, de 1858 à 1865, le rapport des ignorants n'était plus que de 57 sur 100. En outre, M. Fayet constate le remarquable succès des cours d'adultes, récemment ouverts, et qui, en 1867, ont compté plus de 6000 élèves. Presque tous avaient, à la fin du cours, acquis une instruction primaire très-satisfaisante. Si une pareille ardeur se soutenait quelque temps, et qu'ensuite les parents la transmissent à leurs enfants, il n'y aurait bientôt plus en France d'autres ignorants que les êtres à qui la nature a refusé toute aptitude à l'éducation. Les efforts qui ont été faits de tous côtés par les membres du corps enseignant et l'impulsion vive donnée par le Ministre de l'instruction publique recevraient leur véritable récompense.

Dans son manuscrit portant le titre d'*Essai sur la marche progressive de l'instruction primaire en France depuis cinquante ans*, l'auteur n'est plus aussi précis, ni aussi clair. Il signale, entre l'instruction soit des conscrits en général, soit en particulier des accusés, dans chaque département, des différences par trop considérables, qui l'amènent à des conclusions peut-être hasardées. Toujours exact dans ses déductions, d'après les nombres qu'il a sous les yeux, il ne fait pas assez attention qu'avec quelques commentaires bien faciles, ces nombres permettraient des conclusions très-différentes. Ainsi l'excès proportionnel des accusés instruits l'étonne, et il est presque tenté d'en conclure que l'instruction a peu d'influence sur la moralité. Mais quand on veut bien réfléchir que, dans les classes instruites, le crime se cache très-difficilement ; que dans les campagnes et parmi les ignorants les magistrats instructeurs n'obtiennent des témoignages qu'avec peine, ou même n'en trouvent pas du tout, pour des crimes connus parfois de la moitié de la population, alors on n'est plus surpris des discordances qui ont été signalées par M. Fayet et par d'autres auteurs.

En outre, il aurait été bon de remarquer qu'il s'agit de pièces officielles, qui ne peuvent s'accorder qu'en gros, qui demanderaient une masse de recherches accessoires, afin d'être amenées à coïncidence parfaite, et qui, quoique excellentes au point de vue administratif, ne sont pas très-susceptibles de combinaisons scientifiques dans l'état où elles se trouvent. C'est ce que la quatrième brochure de M. Fayet met cependant en complète évidence. Il a fait ressortir les disparates les plus étranges entre les nombres d'enfants indiqués dans les recensements de la population et les nombres d'enfants de même âge dans le recensement des élèves reçus dans les écoles ; bien plus, il a signalé des départements qui ont plus de conscrits à vingt ans qu'il n'y avait de garçons de dix ans existants dix ans auparavant. Il a raison de montrer ces désaccords, afin qu'ils soient expliqués, s'il se peut, et qu'ils disparaissent. Mais n'aurait-il pas dû en conclure qu'il ne faut pas vouloir tirer des déductions précises de nombres recueillis pour exécuter des lois et des règlements qui n'ont pas la science pour objet, et qui ont des buts très-différents les uns des autres. Ainsi il ne connaît pas le nombre des réfractaires aux diverses dates de ce siècle, et il veut proportionner l'augmentation de la population au nombre des conscrits. Tout ce qu'on peut dire, c'est que ce rapport est très-probable ; mais, d'une part, il

ne sera possible de le montrer que quand on sera certain qu'il n'émigre pas de jeunes gens ; et, d'une autre part, ce ne sera jamais un rapport exact dans une population croissante comme l'est celle de la France.

Ce qui semblerait très-juste à la vue du nombre moyen des conscrits du département de la Seine, passant de 5283 à 11226 en moins de quarante ans, ce serait de conclure au doublement de la population dans ce département. Et cependant on n'aurait là qu'une conclusion imparfaite, car tout le monde sait que la population de Paris a plus que doublé.

Dans le même temps, trente-cinq départements ont vu diminuer le nombre de leurs jeunes gens de vingt ans. Sans nul doute, ces diminutions sont dues à l'accroissement considérable de la population de la Seine. Elles sont toutefois assez fortes dans plusieurs départements pour appeler l'attention des gens instruits de ces localités, qui pourraient faire connaître s'il y a là d'autres causes que l'accroissement de toutes les villes aux dépens des campagnes.

Pour la France entière, le nombre total des jeunes gens de vingt ans appelés au recrutement n'a cessé de s'accroître, bien que lentement. Il a dépassé 315 000 de 1861 à 1865, et dans le même temps le nombre des mariages, croissant aussi, a été de plus de 301 000. Quelque défalcation qu'on puisse faire pour les secondes noces, cette énorme proportion des mariages ne laisse aucun doute sur l'inanité des reproches d'immoralité qu'on adresse bien légèrement à la nation française. Si l'on regardait au dehors avec les mêmes yeux, on verrait bien vite qu'on est dans une étrange illusion.

Malgré les observations qui précèdent, et qui, d'ailleurs, s'adressent à la nature des renseignements employés par M. Fayet et à quelques conclusions partielles plutôt qu'à son travail proprement dit, la Commission a trouvé très-digne d'une mention honorable l'envoi intéressant de M. Fayet. Elle la lui décerne spécialement pour son Rapport de 1867 sur la situation de l'instruction primaire dans le département de l'Indre.

BIENAYMÉ.

BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

M. Tyndall. — Le son (1)

Sous ce titre, M. le professeur Tyndall vient de publier huit leçons faites à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, sur les principes et les lois de l'acoustique.

Outre l'intérêt bien justifié qu'excitent les œuvres toujours originales du célèbre physicien anglais, ce livre s'impose à l'attention du monde savant par l'attrait et surtout par l'actualité du sujet. En effet, de toutes les branches de la physique, la science de l'acoustique est la plus jeune, et ce sont les travaux de nos contemporains qui ont fait de son étude le préliminaire naturel de l'optique, avec laquelle elle présente tant de rapports. M. Tyndall s'est efforcé surtout d'exposer l'état actuel de nos connaissances, de faire parcourir à son auditoire le chemin si rapidement exploré, afin de mettre mieux en relief les points encore obscurs de cette science.

Le professeur s'est absolument interdit, dans ces leçons, l'usage du calcul et des formules algébriques : il a voulu que les auditeurs pussent déduire toutes les lois de l'acoustique d'expériences faites sous leurs yeux ; aussi s'est-il appliqué à les multiplier, à les rendre visibles de tous les points de l'amphithéâtre, et souvent à leur donner une forme neuve et saisissante. Toutefois il n'a pas renoncé à exposer les points les plus délicats, ceux mêmes qui sembleraient être du domaine exclusif des mathématiques, et il a réussi à les mettre à la portée de son auditoire.

Après avoir, dès le début, mis en évidence les nombreuses analogies que présentent le son et la lumière, le professeur aborde l'importante question de la vitesse du son. Il fait voir le désaccord qui a longtemps existé entre les nombres obtenus par l'observation et ceux calculés d'après la formule théo-

(1) Un vol. in-8. Paris, Gauthier-Villars.

rique de Newton, jusqu'à ce que Laplace trouvât la sol
de ce difficile problème en tenant compte des change
de température produits par les condensations et raréfa
alternatives, qui constituent l'onde sonore : « Parce q
chaleur développée dans la condensation accélère la co
sation, parce que le froid dégagé dans la raréfaction
mente la rapidité de la raréfaction, l'onde sonore, qui co
en une condensation et une raréfaction, doit avoir sa
de propagation augmentée par la chaleur et le froid
développent dans sa propagation. »

La sixième leçon, consacrée tout entière aux fla
sonores et à l'action du son sur les flammes (sans tube
particulièrement riche en belles expériences. Après avo
terminé les conditions du maximum de sensibilité, l'
professeur fait voir tout le parti qu'on peut tirer des fla
sensibles transformées en réactifs acoustiques et obs
dans un miroir tournant (1).

Les lecteurs de la *Revue* savent que les récents trava
M. Helmholtz ont donné la solution, longtemps che
de plusieurs problèmes des plus intéressants de l'acous
C'est à ce savant que nous devons de connaître la théo
timbre, la nature de la voix humaine, et la producti
voyelles, les causes de la consonnance et de la disso
c'est-à-dire les conditions de l'harmonie. M. Tyndall n
vait manquer d'exposer et de discuter avec soin les th
du célèbre physicien allemand, et il a souvent réuss
appuyer sur des expériences nouvelles et décisives. C'es
qu'il met à profit la sensibilité des flammes chantante
permettent de suivre les battements avec certitude, j
ce qu'ils cessent d'être des battements et qu'ils se con
sent en dissonance (2), pour prouver que la dissonance
autre chose qu'une succession rapide de battements.

En résumé, M. Tyndall a parfaitement atteint le but q
proposait, celui de laisser dans l'esprit de ses auditeur
images si nettes des phénomènes de l'acoustique, qu'i
saisissent et les voient dans leurs rapports réels, et de
lopper chez eux le désir d'une instruction scientifiqu
sérieuse ; aussi n'a-t-il pas voulu leur cacher les diffi
que rencontre à chaque pas le savant dans ses recher
« Les personnes étrangères aux détails des expériences
recherches scientifiques ne se font aucune idée de la
tité de labeur dépensé dans la détermination des do
numériques qui servent de point de départ aux calc
aux déductions des théories. Elles ne sauraient s'imagi
patience déployée par Berzelius dans la déterminatio
poids atomiques, par Regnault dans la déterminatio
coefficients de dilatation, par Joule dans la déterminati
l'équivalent mécanique de la chaleur. Il faut, pour me
bonne fin de pareils travaux, une force de caractère, u
vérité de mœurs qui ne sont probablement exigées par
autre exercice du domaine de l'intelligence. »

C. DESCAMPS.

(1) On peut voir une leçon de M. Tyndall, sur le même suje
le numéro de la *Revue* du 23 février 1867, tome IV, page 20.
(2) Voyez dans la *Revue* une leçon de M. Helmholtz sur les
physiologiques de l'harmonie musicale, 16 février 1867, to
page 177.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈ

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 33 — 17 JUILLET 1869

Paris, 16 juillet 1869.

section de géographie et navigation de l'Académie des :es de Paris vient de pourvoir à une nouvelle place de pondant vacante dans son sein, celle de feu M. Givry. ie aux élections précédentes, il paraît qu'on n'a pas e songé au capitaine Maury, le fondateur de l'histoire que des mers. La section a proposé : en première ligne, emi Chazallon, à Desaigne (Ardèche); en deuxième et par ordre alphabétique, M. Alexandre Cialdi (à Rome), Benjamin Apthorp-Gould (à Washington), qui parta-it déjà ce rang lors de la dernière élection. L'Académie sacré cet ordre de présentation en nommant M. Remi llon avec 38 suffrages contre 2 donnés à M. Gould.

st vrai qu'il s'agissait de remplacer un correspondant nal, et que, dans ce cas, on n'élit pas d'ordinaire un ger. Mais ce n'est point là une règle, c'est seulement un , et un usage qui est loin d'être toujours observé. L'Aca-pouvait donc très-bien nommer M. Maury.

ela continue, le public finira peut-être par croire qu'il moyen infaillible de ne jamais figurer sur les listes de tion de géographie et navigation, c'est de publier des x qui renouvellent la géographie des mers, et qui per-it de tracer une route prompte et sûre à tous les navi-s, sans en excepter les amiraux de la section de géogra-t navigation.

reusement qu'on peut appliquer au capitaine Maury e l'Académie française a dit de Molière, — après sa Il est trop clair en effet que c'est M. Maury qui man-la section de géographie et navigation, et que le titre en pourrait recevoir n'ajouterait pas beaucoup à la ité dont il jouit partout ailleurs qu'au palais Mazarin. au point de vue général, il est fort regrettable que émie ne se décide pas à intervenir, comme elle en a it, pour rétablir sur les listes de la section de géogra-s noms que celle-ci s'obstine à oublier d'y mettre.

n habitant de la Nouvelle-Grenade, M. J. Escobar, vient yer au Muséum d'histoire naturelle de Paris un individu, vé dans l'alcool, d'une espèce de grenouille rainette rait propre à ce pays, où elle porte le nom de *Ranilla u rojiça*, et qui se confond peut-être avec la *Phyllobates rhinus*. Vivante, cette rainette est d'une teinte rouge-re, analogue à celle de certaines oranges qui se chent du citron. Conservée dans l'alcool, elle prend inte plus jaune. Chez l'une des deux variétés de cette e, le ventre est noir au lieu de présenter les couleurs .

Ce qui rend cette rainette intéressante, c'est qu'elle paraît fournir un venin dont les Indiens se servent pour empoisonner leurs flèches. M. Escobar envoie à l'Académie des sciences de Paris six bouts de flèches ainsi empoisonnés, avec une note concernant la manière dont se fait cette préparation.

Le venin est fourni par la région dorsale; il ne paraît jouir complétement de ses propriétés que s'il est recueilli au moment où l'animal, encore vivant, le sécrète. Pour en déterminer la sécrétion, on introduit dans la bouche de la rainette une petite spatule de bois, et, en prenant de grandes précautions pour ne pas produire des désordres qui amènent trop promptement la mort, on la fait pénétrer à l'intérieur de façon à déterminer de vives souffrances, sous l'influence desquelles toute la région supérieure du corps se couvre d'un liquide blanc, laiteux et visqueux : c'est le venin, dont on se hâte aussitôt d'enduire le bout des flèches. Quelquefois on obtient une quantité plus considérable de cette substance, si l'animal n'a pas succombé pendant la première opération, en introduisant un poinçon dans l'un des membres abdominaux, ce qui produit à sa surface une sécrétion de même nature. D'autres fois, enfin, on arrive au même résultat en exposant la rainette à la chaleur modérée et à la fumée d'un feu clair. Ce dernier procédé a déjà été signalé par M. Roulin comme étant employé par les Indiens qui veulent obtenir des batraciens du Choco le venin avec lequel ils empoisonnent leurs flèches.

On peut remarquer, dans cette description, plusieurs détails analogues à certains renseignements plus ou moins authentiques qu'on a recueillis sur le mode de préparation du curare.

Il paraît que les flèches empoisonnées avec ce venin tuent facilement de grands animaux ou des hommes. Quant à son mode d'action, il paraîtrait analogue à celui du curare. On doit, du reste, entreprendre quelques expériences à ce sujet dans le laboratoire de M. Claude Bernard.

— M. Ranvier a présenté à l'Académie des sciences une note sur les cellules du tissu conjonctif. Il repousse les idées de M. Virchow. D'après M. Ranvier, le tissu conjonctif lâche est essentiellement constitué par des faisceaux connectifs, des fibres élastiques et des cellules. Les faisceaux, cylindriques, sont entourés d'une membrane de fibres annulaires et spirales. Les cellules, placées entre les faisceaux connectifs, sont formées par un amas de protoplasma sans enveloppe et contiennent des noyaux; les unes sont plates, avec des noyaux ovalaires, les autres globuleuses, et plus petites, avec des noyaux sphériques.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES D'ÉDIMBOURG

M. HUXLEY (1)
de la Société royale de Londres

La base physique de la vie. — La nouvelle philosophie et le positivisme

C'est dans le but de rendre le titre de ce discours intelligible pour tout le monde que j'ai traduit le terme *protoplasma*, dénomination scientifique de la substance qui va m'occuper, par cette périphrase : *la base physique de la vie*. Une base physique de la vie, une *matière de vie*, voilà, je le suppose, pour beaucoup d'entre vous, une idée tout à fait nouvelle, tant est enracinée parmi nous l'habitude de considérer la vie comme une activité spéciale, se manifestant au sein de la matière, mais indépendante d'elle. Ceux-là même qui savent que la vie et la matière sont inséparablement unies, sont probablement mal préparés à accepter la conclusion que mon titre formule nettement, savoir, qu'il existe une substance commune à tous les êtres vivants, et que leurs infinies variétés sont dominées par une unité, non pas seulement idéale et théorique, mais encore réelle, physique et matérielle.

Au premier abord, en effet, le simple bon sens paraît se révolter contre une pareille affirmation. Où trouver plus de diversités apparentes, de facultés, de formes, de substances que dans les différentes espèces d'êtres vivants ? Quel trait de ressemblance imaginer entre le lichen aux brillantes couleurs, qui ressemble de si près à une simple incrustation minérale du roc usé sur lequel il végète, et l'homme, l'homme peintre qui admire sa beauté, l'homme botaniste qui trouve en lui un sujet d'études ?

Rappelez-vous ce champignon microscopique, corpuscule ovoïde infiniment petit, qui trouve devant lui assez de temps et d'espace pour se reproduire des milliers de millions de fois sur le corps d'une mouche vivante ; et songez ensuite aux exubérantes richesses de feuillages et de fleurs que la féconde nature nous offre, depuis cette misérable ébauche de plante, jusqu'au pin géant de Californie qui atteint les dimensions d'une flèche de cathédrale, ou jusqu'au figuier indien qui couvre des arpents de son ombrage profond, et reste debout, tandis que les nations et les empires vont et viennent autour de sa vaste circonférence. Tournez maintenant vos regards vers l'autre moitié du domaine de la vie ; représentez-vous la grande baleine, le plus énorme de tous les animaux qui vivent ou ont vécu, se jouant avec sa colossale charpente au milieu de vagues qui broieraient sans miséricorde les plus forts vaisseaux de nos arsenaux, et comparez-la à ces animalcules invisibles, taches gélatineuses microscopiques, qu'on voit se suspendre par milliers à la pointe d'une aiguille, et y danser avec autant de facilité qu'auraient pu le faire les anges créés par l'imagination des philosophes scolastiques. L'esprit rempli de pareilles images, n'êtes-vous pas fondés à demander quelle communauté de forme ou de structure il peut y avoir entre l'animalcule et la baleine, entre le champignon et le figuier indien, et, à fortiori, entre tous les quatre ?

Enfin, si nous considérons la substance, la composition matérielle, quel lien secret peut unir la fleur qu'une jeune fille porte dans sa chevelure, et le sang qui circule dans ses jeunes veines ? Quoi de commun entre la masse dense et résistante du chêne ou la forte charpente de la tortue, et ces larges disques de gelée vitreuse qu'on peut voir se contracter dans les ondes d'une mer calme, et qui se réduisent à une simple pellicule dans la main qui les fait sortir de leur élément ?

Voilà, si je ne me trompe, les objections qui se présentent à l'esprit de quiconque pense pour la première fois à cette conception d'une base vitale unique, cachée sous toutes les variétés que peut présenter l'existence ; et cependant je me propose de vous démontrer, malgré tant de difficultés apparentes, qu'une triple unité — unité de puissance ou de faculté, unité de forme, unité de composition matérielle — domine le monde de la vie tout entier.

J'aurai peu de peine à vous faire voir d'abord que les propriétés ou facultés de toutes les espèces de matières vivantes sont au fond d'une même nature, quelles que puissent être d'ailleurs leurs différences de degré.

Gœthe a embrassé d'un coup d'œil toutes les facultés de l'espèce humaine dans une épigramme bien connue :

« Pourquoi tant de clameurs, pourquoi tant d'agitation parmi ce peuple ? — Il veut manger, perpétuer sa race, et nourrir ses enfants aussi bien que possible... Nul homme, quelle que soit sa position, ne peut sortir de là (1). »

Traduit en langage physiologique, cela signifie que les divers modes d'activité de l'homme peuvent se ranger en trois classes : les uns ont pour objet immédiat la conservation et le développement de l'individu ; les autres amènent des modifications transitoires dans les positions relatives des parties du corps ; les troisièmes, enfin, assurent la perpétuation de l'espèce. Les manifestations de l'intelligence, du sentiment et de la volonté, que nous nommons à bon droit les facultés supérieures, ne sortent pas de cette classification : puisque, aux yeux de tous, celui qui en est le sujet excepté, elles ne se traduisent que par des changements dans les situations des divers organes ; la parole, le geste, toute forme d'activité humaine en un mot, se ramènent en fin de compte à la contraction musculaire, qui n'est qu'une modification dans les positions relatives des parties d'un muscle. Or, la formule qui est assez large pour embrasser les activités de la forme la plus élevée de la vie comprend évidemment, à fortiori, toutes celles des créatures placées au-dessous. La plante ou l'animalcule le plus inférieur se nourrit, se développe, se reproduit. En outre, tous les animaux manifestent ces modifications transitoires que nous faisons dépendre de l'irritabilité et de la contractilité, et il est infiniment probable que, lorsque le monde végétal aura été entièrement exploré, nous trouverons toutes les plantes en possession de ces mêmes facultés, à tel ou tel moment de leur existence.

(1) Voyez d'autres lectures de M. Huxley dans notre tome V, p. 665, 19 septembre 1868 (*L'éducation libérale*) ; — page 697, 3 octobre 1868 (*Un morceau de craie ; les globigerinæ et le fond de l'Océan*) ; — page 761, 31 octobre 1868 (*La théorie de l'évolution ; animaux intermédiaires entre les oiseaux et les reptiles*) ; et dans notre tome III, pages 183 et 750, 10 février et 13 octobre 1866.

(1) « Warum treibt sich das Volk so und schreit? Es will sich ernähren
» Kinder zeugen, und die nähren so gut es vermag.
. . . .
» Weiter bringt es kein Mensch, stell' er sich wie er auch will. »

ais point ici allusion à des phénomènes à la fois illants, comme ceux que nous présentent les folioles sitive ou les étamines de l'épine-vinette. Je veux manifestations de la contractilité végétale beau- répandues, et en même temps plus mystérieuses. sans doute que l'ortie commune doit ses proprié- tes aux innombrables poils roides et piquants, ès-délicats, qui couvrent sa surface. Chacune de ces partir de sa base élargie, s'effile en une extrémité arrondie, mais d'une telle finesse, qu'elle pénètre au et la déchire facilement. Dans son ensemble, le te en un étui ligneux très-mince ; sur la surface de cette enveloppe se trouve exactement appliquée e de matière semi-fluide, parsemée de granules les d'une extrême ténuité. Cette doublure semi- du protoplasma, qui constitue ainsi une espèce de roduisant à peu près la forme du poil qu'elle emplie d'un liquide transparent. Si on l'examine ossissement suffisant, on constate dans cette couche ique du poil de l'ortie une activité incessante. On ontractions partielles passer lentement, graduel- un point à un autre au travers de son épaisseur, et issance à l'apparence d'ondes progressives, exacte- me l'inclinaison successive des épis par la brise vagues apparentes d'un champ de blé.

dehors et indépendamment de ces mouvements, s sont entraînés, par des courants d'une rapidité travers des canaux qui paraissent présenter une remarquable au sein du protoplasma. Très-souvent ils prennent des directions semblables dans les jacentes, et il se forme ainsi un courant général, d'un côté du poil, descendant de l'autre. Cela n'em- la formation de courants partiels qui prennent des -diverses : on peut voir, par exemple, des séries s, courant rapidement dans des directions oppo- millième de millimètre de distance les uns des utres fois, au contraire, les courants se précipitent l'un contre l'autre, et après une lutte plus ou ue, l'un des deux l'emporte et entraîne tout. La us ces phénomènes paraît résider dans des con- la masse protoplasmique qui limite les canaux els ils se produisent, contractions tellement ues, que les plus forts grossissements sont impuis- évéler, et font voir seulement leurs effets.

rveilleuse activité, emprisonnée dans l'étendue ue d'un poil végétal, que nous sommes habitués comme un organisme purement passif, frappe imagination, et celui qui a pu une fois en con- effets, se continuant heure après heure, sans ève, ni marque aucune d'affaiblissement, oublie un pareil spectacle. Par cet exemple, on peut a complication possible de beaucoup d'autres niques, en apparence aussi simples que le proto- ortie ; et la comparaison établie autrefois par un ysiologiste entre un pareil protoplasma et un jouissant d'une circulation intérieure, a aujour- e généralisant, beaucoup perdu du caractère u'elle avait d'abord. On a observé des courants à ceux du poil de l'ortie dans une foule de plantes et les plus graves autorités scientifiques ont que les mêmes phénomènes se présentent probablement, avec plus ou moins d'intensité, dans toutes les jeunes cellules végétales. S'il en est ainsi, ce magnifique silence qui, dans le milieu du jour, caractérise la solitude des forêts tropicales, n'est qu'une illusion due à l'imperfection de nos sens ; et si nos oreilles pouvaient saisir le murmure de tous ces cyclones microscopiques, dans leur rotation rapide au sein des myriades innombrables de cellules qui constituent chaque arbre, nous serions assourdi comme par le mugissement d'une grande ville.

Parmi les plantes inférieures, c'est une règle générale de voir la contractilité se manifester d'une manière plus éclatante à certains moments de leur existence. Dans les *algues* et les *champignons*, la matière protoplasmique peut, dans beaucoup de circonstances, se dégager complétement de son enveloppe ligneuse, et se mouvoir sous l'influence, soit d'une contractilité générale dont jouit sa masse toute entière, soit des impulsions d'un ou de plusieurs prolongements filiformes qu'on appelle cils vibratiles. Aussi loin qu'on ait pu poursuivre l'étude des conditions dans lesquelles se manifestent les phénomènes de la contractilité, on les a trouvées identiques pour la plante et pour l'animal. La chaleur, l'électricité, par exemple, agissent sur l'un et sur l'autre d'une manière toute semblable, avec des différences de degrés seulement. Ce n'est nullement mon intention de prétendre qu'il y a parité complète entre les facultés des plantes et celles des animaux, quelle que soit leur place dans l'échelle de la création ; mais, je le répète, les différences sont des différences de degré, non de nature, et elles dépendent, comme Milne Edwards l'a si judicieusement fait remarquer depuis longtemps, du plus ou moins de perfection avec laquelle est appliqué dans l'animal le principe de la division du travail. Dans les organismes inférieurs, toutes les parties sont aptes à exécuter toutes les fonctions ; le même protoplasma peut jouer successivement les rôles des divers appareils de nutrition, de relation, de reproduction. Dans les organismes les plus élevés, au contraire, un grand nombre d'organes concourent à l'accomplissement d'une seule fonction ; chaque organe fait avec une admirable précision la part du travail qui lui est dévolue, mais, en dehors de ce but spécial, il n'a aucune espèce d'utilité.

Malgré toutes les ressemblances fondamentales qui existent entre les facultés du protoplasma dans les deux règnes, il y a cependant entre eux une différence très-remarquable sur laquelle je me propose d'attirer tout à l'heure votre attention : c'est celle-ci. Avec des composés minéraux, les plantes peuvent fabriquer de toutes pièces du protoplasma nouveau ; les animaux, au contraire, sont obligés de se le procurer tout fait, et sont ainsi, en définitive, sous la dépendance des végétaux. Quelle est la cause première de cette différence entre les facultés des deux grandes divisions du monde de la vie ? On n'en sait absolument rien jusqu'à présent.

Ainsi, tout en tenant compte de la restriction ... surgit naturellement du fait ci-dessus, on peut dire les actes de tous les êtres vivants sont fondam Existe-t-il une semblable unité en ce qui formes ? Pour répondre à cette question, des faits facilement vérifiables. Si, avec aiguille, on se tire du doigt une goutte de l'examine ensuite, en avec un grossissement

innombrable des globules, petits corps circulaires, discoïdes, qui flottent dans le liquide et lui donnent sa couleur, on apercevra un nombre relativement restreint de corpuscules incolores, de dimensions un peu plus considérables et de figures très-irrégulières. Si l'on conserve à la goutte de sang la température du corps, on verra ces corpuscules incolores manifester une activité merveilleuse, modifier leur forme avec rapidité, se creuser en se rétractant, projeter autour d'eux des prolongements de leur substance, et se glisser de tous côtés, comme s'ils étaient des organismes indépendants.

Cette substance si active est encore du protoplasma, et son activité, identique au fond, ne diffère que par des détails de celle du protoplasma de l'ortie. Dans certaines conditions, le corpuscule meurt ; il se distend alors en une masse ronde, au milieu de laquelle on distingue un corps sphérique plus petit, qui existait aussi dans le corpuscule vivant, mais y était plus ou moins caché, et qu'on appelle son *noyau*. Dans la peau, dans la paroi muqueuse de la bouche, dans toutes les parties du corps, on peut retrouver des corpuscules d'une structure exactement semblable. Bien plus encore : dans la première période de son existence, alors qu'il commence à peine à se distinguer de l'œuf dans lequel il se développe, l'organisme humain n'est rien autre chose qu'un assemblage de corpuscules de cette espèce, et chaque organe en particulier n'est de même, à un certain moment, qu'une agrégation du même genre.

Ainsi, une masse de protoplasma avec un noyau, voilà, en définitive, ce que nous pouvons appeler l'*unité structurale du corps humain*. Ceci est un fait : dans son état primitif, notre corps n'est qu'un multiple de ces unités ; et, dans son état d'entier développement, on peut le considérer encore comme un multiple de ces mêmes unités modifiées de façons diverses.

Voilà pour l'homme. Mais la formule qui exprime le caractère structural essentiel de l'animal le plus élevé, convient-elle au reste du monde de la vie, comme nous avons vu l'énoncé de ses facultés comprendre celles de tous les autres êtres ? Oui, à bien peu de chose près. Mammifères, oiseaux, reptiles, poissons, mollusques, vers, polypiers, tous sont composés d'unités structurales du même caractère, c'est-à-dire de masses de protoplasma avec noyau. Il existe certains animaux très-inférieurs qui ne sont, comme structure, que des corpuscules incolores du sang isolés et menant une existence indépendante. Tout à fait au bas de l'échelle, cette simplicité se simplifie encore, et l'on voit tous les phénomènes de la vie se manifester dans une petite masse de protoplasma sans noyau. Le défaut de complication de ces organismes n'en fait pas des êtres insignifiants dans la nature : il y a peut-être dans ces formes élémentaires de la vie qui peuplent d'immenses étendues au fond des mers, plus de protoplasma que dans toutes les créations supérieures qui habitent la surface des terres, et personne n'ignore que, dans les siècles passés, aussi bien qu'aujourd'hui, ce sont des êtres vivants de cet ordre qui ont le plus contribué à l'édification des roches.

Ce que je viens de dire du règne animal, je pourrais le répéter pour les plantes avec la même vérité. A la base adhérente du poil de l'ortie se voit, empâté dans la masse protoplasmique, un noyau sphéroïdal. Un examen attentif montre que la substance entière de la plante est constituée par une foule de pareilles masses de protoplasma à noyau, contenues chacune dans une enveloppe ligneuse qui est
variable dans sa forme: tantôt une fibre, tantôt un condu
vaisseau spiral, quelquefois un grain de pollen ou un o
Si nous remontons à son état primitif, nous voyons l'
naître tout comme l'homme, dans une particule de p
plasma avec un noyau. Enfin, au bas de l'échelle, che
végétaux comme chez les animaux, une simple petite n
protoplasmique constitue dans certains cas l'être tout en
quelquefois même avec disparition complète du noyau.

On pourrait me demander ici ce qui distingue d'une
une masse de protoplasma sans noyau? Pourquoi nom
l'une *plante*, et l'autre *animal*?

A cette question je n'ai qu'une réponse à faire : c'est
pour ce qui regarde la forme, il n'existe aucune ligne de dé
cation distincte entre les deux règnes; dans certains cas,
par un fait de pure convention que nous qualifions un
nisme donné *animal* ou *végétal*. Il existe un corps vi
appelé *Æthalium septicum*, qui prend naissance sur les
stances végétales en décomposition, et dont une form
particulier, est très-commune à la surface des fosses à
Dans ces conditions, c'est, à tous égards, un champigno
autrefois, en effet, on l'avait toujours considéré comm
Mais les remarquables recherches de de Bary ont fait voi
dans d'autres circonstances, l'*Æthalium*, attaché à des ma
solides sur lesquelles il paraît se nourrir, se montre do
mouvements actifs de locomotion, et manifeste par consé
le trait distinctif le plus caractéristique de l'animalité.
donc une plante ou un animal? tous les deux en même te
ou ni l'un ni l'autre? Quelques naturalistes ont tranc
question en faveur de cette dernière hypothèse, et ont
un règne intermédiaire, sorte de terrain neutre dans le
ils rangent toutes ces formes sujettes à contestation.
comme il est parfaitement impossible de tracer les li
limites qui séparent ce nouveau règne du règne animal d
part, du règne végétal de l'autre, il me semble que ce pr
ne fait que doubler une difficulté qui était primitive
simple.

Le protoplasma simple ou nucléaire, voilà donc la f
qui est la base de la vie ; c'est l'argile du potier, qui,
toutes les préparations et ornementations possibles,
reste pas moins de l'argile, et ne présente, avec la briq
terre séchée au soleil la plus commune, que des différ
artificielles et étrangères à sa vraie nature.

Voilà donc deux grands faits établis : toutes les fac
vivantes sont d'une même essence ; toutes les formes viv
présentent au fond le même caractère. Les travaux du
miste ont révélé une unité non moins remarquable da
composition élémentaire de la matière vivante.

A la rigueur, l'investigation chimique ne peut nous ap
dre que peu de chose, ou même rien du tout, sur la cons
tion de la matière vivante, puisque la première conditio
l'acte de l'analyse est précisément la mort de cette mat
C'est là un fait de toute évidence : aussi s'est-on placé s
terrain pour élever des objections, assez frivoles il me sen
contre l'induction qui nous porte à déduire la compositi
la matière actuellement vivante de celle de la matière d
morte, la seule qui nous soit accessible. Les auteurs de
objections me paraissent n'avoir pas réfléchi à ceci, que,
rigueur, nous ne savons rien non plus sur la compos
d'un corps, quel qu'il soit, *tel qu'il est*. Lorsque je prét
qu'un cristal de spath calcaire est constitué par du carb

, cette affirmation est parfaitement justifiée, si j'en-
re seulement que je puis, par des procédés appro-
composer ce cristal en acide carbonique et en chaux
is que je fasse ensuite passer ce même acide carbo-
r la chaux vive que je viens d'obtenir, je verrai sans
produire du carbonate de chaux; mais ce ne sera
spath d'Islande ni rien qui lui ressemble. Dois-je croire
alyse chimique ne m'a rien appris sur la constitution
calcaire? Une pareille conclusion serait évidemment
; mais non plus absurde que tous les raisonnements
eut entendre débiter sur l'impossibilité d'appliquer
ltats de l'analyse chimique aux corps vivants qui les
nis.

du reste un fait qui est en dehors de la portée de
es subtilités. C'est celui-ci : toutes les formes de pro-
a qui ont été examinées jusqu'à ce jour contiennent
re éléments suivants : carbone, hydrogène, oxygène
, dans une union très-complexe, et toutes se compor-
la même manière en présence de divers réactifs. C'est
combinaison compliquée, dont la nature n'a jamais été
inée avec exactitude, qu'on a donné le nom de pro-
et en employant ce terme avec toute la réserve qu'im-
tre ignorance relative des choses auxquelles il s'appli-
us pouvons dire avec vérité que tout protoplasma est
ble à la protéine; ou bien, comme le blanc de l'œuf
mine est un des exemples les plus communs de la
e à peu près pure, nous pouvons dire que toute ma-
ivante est plus ou moins semblable à l'albumine.

erait peut-être prématuré aujourd'hui d'affirmer que
les formes du protoplasma répondent de la même ma-
à l'action directe de l'électricité; toutefois, le nombre
s dans lesquels on voit le protoplasma se contracter
influence de cet agent augmente tous les jours.

ême je n'oserais encore assurer que toutes les formes
toplasma sont susceptibles de subir, à une température
u 50 degrés centigrades, ce durcissement par la chaleur
n a appelé *coagulation*, et cependant les magnifiques
ches de Kühne ont vérifié le fait pour un nombre si
érable de substances très-diverses, qu'on peut supposer
mérité que la loi est absolument générale et s'applique
toutes les autres.

ai dit assez sans doute pour prouver l'existence d'une
mité générale dans la manière d'être du protoplasma
e physique de la vie, quel que soit le groupe d'êtres
s dans lequel on le considère. Vous comprendrez toute-
sément que cette uniformité générale n'exclut en au-
façon une certaine somme de modifications possibles
a substance fondamentale. Le carbonate de chaux est
néral susceptible de revêtir une variété infinie de ca-
es; personne cependant ne doute que sous ces formes
nbreuses, sous ces apparences si diverses, ce ne soit tou-
une seule et même substance.

maintenant quelle est la destinée ultime, et quelle est
ine de la matière de vie?
-elle, comme l'ont supposé les plus anciens naturalistes,
rsellement répandue dans le monde, en molécules in-
uctibles et invariables par elles-mêmes, mais aptes à
, à s'échanger, dans des transmigrations sans fin, pour
ituer les diverses formes de l'existence que nous con-
naissons? Est-elle au contraire constituée par de la matière ordinaire, dont elle ne diffère que par un arrangement particulier des atomes? Sort-elle de cette matière à son origine, et y rentre-t-elle lorsque son œuvre est terminée?

Entre ces deux alternatives, la science moderne ne permet pas d'hésiter un instant. La physiologie écrit sur les portes de la vie :

Debemur morti nos nostraque (1),

en attachant à cette ligne mélancolique un sens plus profond que celui que lui donnait le poëte latin. Sous quelque forme qu'il apparaisse, champignon ou chêne, ver ou homme, non-seulement le protoplasma vivant doit mourir et se résoudre en ses éléments minéraux, mais encore il meurt à chaque instant, et, vérité plus étrange qu'un paradoxe, il ne peut vivre qu'à la condition de mourir.

Dans un roman français bien connu, intitulé *la Peau de chagrin*, on voit le héros devenir possesseur d'une peau d'âne merveilleuse, qui lui donne la puissance de satisfaire tous ses désirs. Malheureusement la surface de cette peau représente la durée de la vie de son propriétaire; et à chaque désir satisfait, elle diminue proportionnellement à l'intensité de la jouissance demandée, jusqu'à ce que, à la fin, le dernier lambeau de peau disparaisse au moment où le dernier vœu est exaucé.

Balzac avait fait des études qui avaient donné à son esprit une haute portée et à son savoir une grande étendue; aussi l'application qu'on peut faire de son étrange roman à la vérité physiologique n'est-elle peut-être pas fortuite. Quoi qu'il en soit, la matière de vie est une véritable *peau de chagrin* qui s'amoindrit un peu à chaque acte vital. Tout travail suppose une dépense : le travail de la vie résulte, directement ou indirectement, de la dépense du protoplasma.

Chaque mot que prononce un orateur lui fait subir une certaine perte physique; on peut dire, dans le sens le plus littéral, qu'il se brûle pour éclairer les autres; tandis qu'il donne carrière à son éloquence, son corps se réduit peu à peu en acide carbonique, eau et urée. Il est clair que cela ne pourrait durer indéfiniment. Heureusement la *peau de chagrin* protoplasmique diffère de celle de Balzac, par la propriété qu'elle possède de pouvoir se réparer et revenir à ses dimensions primitives après chaque perte subie.

Cette leçon, par exemple, quelle que puisse être d'ailleurs sa valeur intellectuelle pour vous qui m'écoutez, a pour moi une certaine valeur physique, qui pourrait s'exprimer, je suppose, par la quantité pondérable de protoplasma et d'autres substances matérielles que je dépense pour maintenir mon énergie vitale pendant que je la fais. Ma *peau de chagrin* sera sensiblement plus petite à la fin de ce discours qu'elle n'était quand j'ai commencé. J'aurai probablement alors recours à une substance vulgairement appelée viande, dans le but de la ramener à ses dimensions premières. Cette viande elle-même a été du protoplasma, plus ou moins modifié, vivant dans un autre animal, un mouton. Quand je l'absorberai, ce sera cette même substance, altérée non-seulement par la mort, mais encore par un certain nombre d'opérations artificielles auxquelles on l'aura soumise en la faisant cuire. Mais ces altérations, quelque grandes qu'elles soient, ne l'auront pas rendue incapable de reprendre ses anciennes

(1) « Nous devons payer notre dette à la mort, nous et ce qui nous appartient. »

fonctions comme matière de vie. Un merveilleux laboratoire intérieur, que je possède, dissoudra une certaine portion de ce protoplasma modifié; la dissolution ainsi formée passera dans mes veines; les mystérieuses influences auxquelles elle sera alors soumise transformeront le protoplasma mort en protoplasma vivant, et finalement convertiront le mouton en homme.

Ce n'est pas tout. Si la digestion était une chose dont on pût se jouer impunément, je souperais avec du homard, et la matière vitale de ce crustacé subirait de même cette merveilleuse transformation en matière de vie humaine. Mais s'il me fallait, pour retourner chez moi, traverser la mer, et que je vinsse à faire naufrage, ce crustacé pourrait bien (et il le ferait probablement), renverser les termes du compliment, et démontrer la communauté de notre nature en transformant mon protoplasma en homard vivant. Si je n'avais rien de meilleur à ma disposition, je pourrais satisfaire ma faim avec du pain sec, et constater que le protoplasma du blé est susceptible de *faire de l'homme* avec aussi peu de difficulté que celui du mouton, et avec beaucoup moins, à coup sûr, que celui du homard.

Ces exemples montrent que le choix de l'animal ou de la plante que je dois mettre à contribution pour le protoplasma qui m'est nécessaire, n'a qu'une importance secondaire, et l'énoncé de ce seul fait vaut des volumes pour prouver l'identité générale de cette substance dans tous les êtres vivants. Tous les animaux jouissent comme moi de cette puissance d'assimilation universelle, et chacun d'eux peut se développer également bien aux dépens du protoplasma de l'un quelconque de ses compagnons, ou de celui d'une plante quelconque; mais là s'arrête le pouvoir assimilateur du règne animal. Une dissolution de sels odorants dans l'eau, avec une quantité infiniment petite de quelques autres matières salines, contient tous les corps élémentaires qui entrent dans la constitution du protoplasma; et cependant, j'ai à peine besoin de le dire, un tonneau de cette liqueur n'empêcherait pas un homme à jeun de mourir de faim, et ne préserverait aucun animal d'un sort semblable. Un animal ne peut pas faire du protoplasma, il faut qu'il le prenne tout fait dans un autre animal ou dans une plante; tout ce que peut faire l'animal, c'est convertir le protoplasma mort en matière de vie vivante, appropriée à sa nature particulière.

Par conséquent, si nous voulons remonter à l'origine du protoplasma, nous devons décidément tourner les yeux vers le règne végétal. Le liquide contenant de l'acide carbonique, de l'eau et de l'ammoniaque, que nous avons trouvé incapable d'entretenir la vie d'un animal, va constituer au contraire pour une multitude de végétaux un repas richement servi; et si l'on fournit à une plante quelconque une quantité suffisante de ces substances, sans y rien ajouter, on la verra non-seulement se maintenir vigoureuse, mais encore s'accroître et se reproduire, jusqu'à ce qu'elle ait multiplié des millions ou des milliers de millions de fois, la quantité de protoplasma qu'elle contenait à l'origine, édifiant ainsi la matière de vie d'une manière indéfinie, aux dépens de la matière commune de l'univers.

Ainsi, l'animal ne peut que donner à la matière complexe du protoplasma mort les facultés plus hautes, pour ainsi dire, du protoplasma vivant; tandis que la plante peut amener *les substances les plus simples, acide carbonique, eau, ammoniaque, à ce même état* de protoplasma vivant, d'une espèce inférieure, il est vrai. Mais la puissance de la
elle aussi, ses limites. Certains champignons, par
paraissent avoir besoin d'une nourriture plus compl
pouvoir sortir de terre; aucun végétal connu, d'ailleu
vrait avec les éléments simples non associés du prot
Une plante à laquelle on fournirait du carbone, de
gène, de l'oxygène, de l'azote, du phosphore, du s
toutes les substances élémentaires possibles, périr
infailliblement que l'animal dans son bain d'eau sal
qu'elle eût autour d'elle tous les éléments constit
protoplasma. Il n'est même pas besoin de pousser
simplification de la nourriture du végétal pour voir a
la limite de sa puissance assimilatrice. Donnez à une
l'eau, de l'acide carbonique et tous les autres comp
lui sont nécessaires, en supprimant seulement l'amm
et vous la verrez devenir incapable de fabriquer d
plasma.

Ainsi, la matière de vie, partout du moins où nous
la suivre (et nous n'avons aucun droit de raisonne
cas qui nous sont inconnus), se résout, par la mort co
qui est la condition de la manifestation de son act
acide carbonique, eau et ammoniaque, lesquels cert
ne possèdent pas d'autres propriétés que celles de l
ordinaire. C'est ensuite aux dépens de ces mêmes
la matière, mais jamais de formes plus simples, que
taux édifient le protoplasma, protoplasma que les
reprennent à leur tour pour maintenir leur exist
plantes accumulent la puissance que les animaux d
et dispersent.

Remarquons que l'existence de la matière de vie
la préexistence de certains composés, savoir : l'acide
que, l'eau et l'ammoniaque. Faites disparaître du m
quelconque de ces trois composés, et tous les ph
vitaux vont prendre fin. Il y a entre eux et la plante
rapport qu'entre le protoplasma de la plante elle
l'animal. Le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote
corps sans vie. Le carbone et l'oxygène, placés dans
constances particulières, s'unissent en certaines pr
pour constituer l'acide carbonique; l'hydrogène et l
combinés forment de l'eau. Ces nouveaux composés s
peu vivants que les corps élémentaires desquels ils
mais leur union, dans certaines conditions déterminé
naissance à un corps plus complexe encore, le prot
dans lequel on voit se manifester les phénomènes de

Permettez-moi ici une observation. Je n'aperçois
lacune entre ces divers degrés de complication molé
et je ne puis comprendre pourquoi le langage qui es
cable à l'un quelconque des termes de cette série
s'employer pour certains des autres. Nous appelons ce
espèces de matières, carbone, oxygène, hydrogène, a
nous considérons les facultés diverses et activités
substances comme des propriétés de la matière do
sont composées. Lorsque l'hydrogène et l'oxygène so
langés en certaines proportions et qu'on fait passer au
de ce mélange une étincelle électrique, ils disparaissen
leur place apparaît une quantité d'eau, dont le poids
à la somme de leurs poids. Il n'y a pas la plus légère
blance entre les propriétés physiques ou chimiques d
et celles des deux corps qui lui ont donné naissance. A
centigrade et bien au-dessous, l'oxygène et l'hydrogè
des gaz élastiques, dont les particules se repoussent mu

e grande énergie. A la même température, l'eau solide, dur et fragile, dont les particules s'atta- ent les unes aux autres, en donnant naissance à gulièrement géométriques de la glace, qui imi- tains cas les découpures les plus élégantes d'un stal.

ènes et beaucoup d'autres aussi curieux consti- nous appelons les propriétés de l'eau, et nous à croire que, d'une manière ou de l'autre, ces sultent de celles de ses éléments composants. sons pas une force mystérieuse, que nous appel- ité, entrant en scène et prenant possession de ogène aussitôt qu'il est formé, et guidant ensuite aqueuses vers les places qu'elles doivent occuper s du cristal, ou au milieu des folioles de la gelée vivons au contraire avec l'espoir et la confiance jour, grâce aux progrès de la physique molé- pourrons passer des constituants de l'eau aux l'eau elle-même, aussi facilement que nous rd'hui déduire la marche d'une montre de la arties et de la manière dont elles sont agencées. re chose lorsque de l'acide carbonique, de l'eau iaque, disparaissent, et qu'à leur place naît, e du protoplasma déjà existant, un poids équi- ière vivante?

u'il n'y a aucune ressemblance entre les pro- mposants et celles du composé ; mais n'avons- même chose pour l'eau ? Il est vrai aussi que la matière déjà vivante dont j'ai parlé est com- ntelligible; mais y a-t-il quelqu'un qui puisse mprendre parfaitement le *modus operandi* d'une trique traversant un mélange d'oxygène et d'hy-

ustifier dès lors cette manière de considérer la te comme une matière spéciale, distincte de la aire et n'ayant avec elle aucune espèce d'ana- *vitalité* a-t-il, pour le physiologiste, plus de sens uosité? Et pourquoi la *vitalité* échapperait-elle autres *ités* qui ont disparu de la science le jour criblerus disait qu'une viande mise à la broche qu'elle possède en elle-même la vertu innée de illait le *matérialisme* de ceux qui expliquaient le e la broche par un mécanisme adapté à la che-

e scientifique doit posséder une signification stante, dans quelque cas qu'il soit employé, il ue nous sommes logiquement forcés d'appliquer a, ou base physique de la vie, les mêmes concep- été légitimées pour les autres substances. Si les que présente l'eau sont les propriétés de l'eau, les que présente le protoplasma vivant ou mort, e ses propriétés. Si l'on peut affirmer que la propriétés de l'eau résultent de la nature et de de ses molécules composantes, je ne vois aucune gible pour refuser de dire que les propriétés du sont aussi le résultat de la nature et de la dis- es molécules.

z-y garde, en acceptant ces conclusions, vous d sur le premier degré d'une échelle qui, au des gens, est l'inverse de celle de Jacob et con- podes du ciel. Il peut sembler de peu d'impor- tance d'admettre que les actions vitales si simples d'un cham- pignon ou d'un foraminifère sont les propriétés de leur pro- toplasma, et résultent directement de la nature de la matière qui les constitue. Mais si, comme j'ai essayé de vous le démon- trer, leur protoplasma est essentiellement identique avec celui d'un animal quelconque et susceptible d'en prendre facilement la forme, je ne puis découvrir aucune raison pour s'arrêter là, et pour ne pas conclure immédiatement que toute activité vitale peut être considérée comme le résultat des forces moléculaires du protoplasma qui la déploie ; s'il en est ainsi, je puis dire, dans le même sens et avec la même vé- rité, que les idées que j'exprime en ce moment, et vos propres pensées en m'écoutant, ne sont que l'expression de certaines modifications moléculaires dans cette matière de vie, qui est la source de tous nos phénomènes vitaux.

Toutes les fois que les propositions que je viens d'émettre devant vous se sont trouvées soumises à l'appréciation et à la critique du public, elles ont été, de la part de beaucoup de personnes zélées et peut-être même de quelques penseurs sérieux, l'objet d'une vive réprobation. Je pourrais citer ici mon expérience personnelle. Je ne serais guère étonné d'en- tendre de quelque coin sortir le mot de *matérialisme grossier et brutal*, comme l'épithète la plus douce qui puisse s'appli- quer à de pareilles théories. Et il est indubitable que les ter- mes de mes propositions sont nettement matérialistes. Il y a cependant deux choses également certaines : la première, c'est que je maintiens la vérité absolue de ces propositions ; la seconde, c'est que, pour mon compte, je suis si peu matéria- liste, que je considère le matérialisme comme l'expression d'une grave erreur philosophique.

Cette association d'une terminologie matérialiste que j'a- dopte avec une répudiation complète de la philosophie maté- rialiste ne m'est point particulière; je la partage avec plusieurs des esprits les plus sérieux que je connaisse. Lorsque, pour la première fois, j'ai pensé à venir vous faire cette leçon, il m'a semblé que c'était l'occasion ou jamais de montrer que cette association est non-seulement compatible avec une saine logi- que, mais encore exigée par elle. Je me suis proposé de vous conduire, au travers du terrain des phénomènes vitaux, jus- qu'à la fondrière matérialiste dans laquelle vous vous trou- vez maintenant plongés, pour vous montrer ensuite l'unique issue qui, à mon sens, puisse permettre de sortir de là.

Une coïncidence que je n'ai connue qu'à mon arrivée ici, la nuit dernière, donne à cette partie de ma thèse une opportu- nité toute particulière. J'ai trouvé dans vos journaux l'élo- quente allocution sur *les limites de la recherche physique*, qu'un prélat distingué de l'Église anglaise avait prononcée, le jour précédent, devant les membres de l'Institution Philosophique. Cette discussion, elle aussi, tourne autour de ce même point, les limites de la recherche physique ; et je ne puis mieux exposer ici mes propres idé... e sujet qu'en les mettant en regard de celles que l'a... d'York a si simplement, et en ... nettemen...

Ma... mett... n préliminaire sur un fa... ii ... ppliquant à cette appr... ique que je con sidè... me juste, la d nom... ue commen son a... *sophie* ave phil... de co

fonctions comme matière de vie. Un merveilleux laboratoire intérieur, que je possède, dissoudra une certaine portion de ce protoplasma modifié; la dissolution ainsi formée passera dans mes veines; les mystérieuses influences auxquelles elle sera alors soumise transformeront le protoplasma mort en protoplasma vivant, et finalement convertiront le mouton en homme.

Ce n'est pas tout. Si la digestion était une chose dont on pût se jouer impunément, je souperais avec du homard, et la matière vitale de ce crustacé subirait de même cette merveilleuse transformation en matière de vie humaine. Mais s'il me fallait, pour retourner chez moi, traverser la mer, et que je vinsse à faire naufrage, ce crustacé pourrait bien (et il le ferait probablement), renverser les termes du compliment, et démontrer la communauté de notre nature en transformant mon protoplasma en homard vivant. Si je n'avais rien de meilleur à ma disposition, je pourrais satisfaire ma faim avec du pain sec, et constater que le protoplasma du blé est susceptible de *faire de l'homme* avec aussi peu de difficulté que celui du mouton, et avec beaucoup moins, à coup sûr, que celui du homard.

Ces exemples montrent que le choix de l'animal ou de la plante que je dois mettre à contribution pour le protoplasma qui m'est nécessaire, n'a qu'une importance secondaire, et l'énoncé de ce seul fait vaut des volumes pour prouver l'identité générale de cette substance dans tous les êtres vivants. Tous les animaux jouissent comme moi de cette puissance d'assimilation universelle, et chacun d'eux peut se développer également bien aux dépens du protoplasma de l'un quelconque de ses compagnons, ou de celui d'une plante quelconque; mais là s'arrête le pouvoir assimilateur du règne animal. Une dissolution de sels odorants dans l'eau, avec une quantité infiniment petite de quelques autres matières salines, contient tous les corps élémentaires qui entrent dans la constitution du protoplasma; et cependant, j'ai à peine besoin de le dire, un tonneau de cette liqueur n'empêcherait pas un homme à jeun de mourir de faim, et ne préserverait aucun animal d'un sort semblable. Un animal ne peut pas faire du protoplasma, il faut qu'il le prenne tout fait dans un autre animal ou dans une plante; tout ce que peut faire l'animal, c'est convertir le protoplasma mort en matière de vie vivante, appropriée à sa nature particulière.

Par conséquent, si nous voulons remonter à l'origine du protoplasma, nous devons décidément tourner les yeux vers le règne végétal. Le liquide contenant de l'acide carbonique, de l'eau et de l'ammoniaque, que nous avons trouvé incapable d'entretenir la vie d'un animal, va constituer au contraire pour une multitude de végétaux un repas richement servi; et si l'on fournit à une plante quelconque une quantité suffisante de ces substances, sans y rien ajouter, on la verra non-seulement se maintenir vigoureuse, mais encore s'accroître et se reproduire, jusqu'à ce qu'elle ait multiplié des millions ou des milliers de millions de fois, la quantité de protoplasma qu'elle contenait à l'origine, édifiant ainsi la matière de vie d'une manière indéfinie, aux dépens de la matière commune de l'univers.

Ainsi, l'animal ne peut que donner à la matière complexe du protoplasma mort les facultés plus hautes, pour ainsi dire, du protoplasma vivant; tandis que la plante peut amener les substances les plus simples, acide carbonique, eau, ammoniaque, à ce même état de protoplasma vivant, d'une espèce inférieure, il est vrai. Mais la puissance de la plante a, elle aussi, ses limites. Certains champignons, par exemple, paraissent avoir besoin d'une nourriture plus complexe pour pouvoir sortir de terre; aucun végétal connu, d'ailleurs, ne vivrait avec les éléments simples non associés du protoplasma. Une plante à laquelle on fournirait du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, du phosphore, du soufre, et toutes les substances élémentaires possibles, périrait aussi infailliblement que l'animal dans son bain d'eau salée, bien qu'elle eût autour d'elle tous les éléments constituants du protoplasma. Il n'est même pas besoin de pousser si loin la simplification de la nourriture du végétal pour voir apparaître la limite de sa puissance assimilatrice. Donnez à une plante de l'eau, de l'acide carbonique et tous les autres composés qui lui sont nécessaires, en supprimant seulement l'ammoniaque, et vous la verrez devenir incapable de fabriquer du protoplasma.

Ainsi, la matière de vie, partout du moins où nous pourrons la suivre (et nous n'avons aucun droit de raisonner sur les cas qui nous sont inconnus), se résout, par la mort continuelle qui est la condition de la manifestation de son activité, en acide carbonique, eau et ammoniaque, lesquels certainement ne possèdent pas d'autres propriétés que celles de la matière ordinaire. C'est ensuite aux dépens de ces mêmes formes de la matière, mais jamais de formes plus simples, que les végétaux édifient le protoplasma, protoplasma que les animaux reprennent à leur tour pour maintenir leur existence. Les plantes accumulent la puissance que les animaux distribuent et dispersent.

Remarquons que l'existence de la matière de vie dépend de la préexistence de certains composés, savoir : l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque. Faites disparaître du monde l'un quelconque de ces trois composés, et tous les phénomènes vitaux vont prendre fin. Il y a entre eux et la plante le même rapport qu'entre le protoplasma de la plante elle-même et l'animal. Le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, sont des corps sans vie. Le carbone et l'oxygène, placés dans des circonstances particulières, s'unissent en certaines proportions pour constituer l'acide carbonique; l'hydrogène et l'oxygène combinés forment de l'eau. Ces nouveaux composés sont aussi peu vivants que les corps élémentaires desquels ils dérivent; mais leur union, dans certaines conditions déterminées, donne naissance à un corps plus complexe encore, le protoplasma, dans lequel on voit se manifester les phénomènes de la vie.

Permettez-moi ici une observation. Je n'aperçois aucune lacune entre ces divers degrés de complication moléculaire, et je ne puis comprendre pourquoi le langage qui est applicable à l'un quelconque des termes de cette série ne peut s'employer pour certains des autres. Nous appelons certaines espèces de matières, carbone, oxygène, hydrogène, azote, et nous considérons les facultés diverses et activités de ces substances comme des propriétés de la matière dont elles sont composées. Lorsque l'hydrogène et l'oxygène sont mélangés en certaines proportions et qu'on fait passer au travers de ce mélange une étincelle électrique, ils disparaissent, et à leur place apparaît une quantité d'eau, dont le poids est égal à la somme de leurs poids. Il n'y a pas la plus légère ressemblance entre les propriétés physiques ou chimiques de l'eau et celles des deux corps qui lui ont donné naissance. A 0 degré centigrade et bien au-dessous, l'oxygène et l'hydrogène sont des gaz élastiques, dont les particules se repoussent mutuelle-

avec une grande énergie. A la même température, l'eau n corps solide, dur et fragile, dont les particules s'atta- t fortement les unes aux autres, en donnant naissance à gures régulièrement géométriques de la glace, qui imi- dans certains cas les découpures les plus élégantes d'un lage végétal.

s phénomènes et beaucoup d'autres aussi curieux consti- t ce que nous appelons les propriétés de l'eau, et nous itons pas à croire que, d'une manière ou de l'autre, ces riétés résultent de celles de ses éléments composants. ne supposons pas une force mystérieuse, que nous appel- ns *aquosité*, entrant en scène et prenant possession de le d'hydrogène aussitôt qu'il est formé, et guidant ensuite rticules aqueuses vers les places qu'elles doivent occuper s facettes du cristal, ou au milieu des folioles de la gelée che. Nous vivons au contraire avec l'espoir et la confiance quelque jour, grâce aux progrès de la physique molé- re, nous pourrons passer des constituants de l'eau aux riétés de l'eau elle-même, aussi facilement que nous ons aujourd'hui déduire la marche d'une montre de la e de ses parties et de la manière dont elles sont agencées. -t-il autre chose lorsque de l'acide carbonique, de l'eau l'ammoniaque, disparaissent, et qu'à leur place naît, l'influence du protoplasma déjà existant, un poids équi- t de matière vivante?

est vrai qu'il n'y a aucune ressemblance entre les pro- és des composants et celles du composé ; mais n'avons- pas vu la même chose pour l'eau? Il est vrai aussi que uence de la matière déjà vivante dont j'ai parlé est com- ment inintelligible; mais y a-t-il quelqu'un qui puisse tter de comprendre parfaitement le *modus operandi* d'une elle électrique traversant un mélange d'oxygène et d'hy- ène?

mment justifier dès lors cette manière de considérer la re vivante comme une matière spéciale, distincte de la ère ordinaire et n'ayant avec elle aucune espèce d'ana- ? Le mot *vitalité* a-t-il, pour le physiologiste, plus de sens e mot *aquosité*? Et pourquoi la *vitalité* échapperait-elle stin des autres *ités* qui ont disparu de la science le jour artinus Scriblerus disait qu'une viande mise à la broche tit parce qu'elle possède en elle-même la vertu innée de tir, et raillait le *matérialisme* de ceux qui expliquaient le vement de la broche par un mécanisme adapté à la che- e.

le langage scientifique doit posséder une signification ise et constante, dans quelque cas qu'il soit employé, il emble que nous sommes logiquement forcés d'appliquer otoplasma, ou base physique de la vie, les mêmes concep- qui ont été légitimées pour les autres substances. Si les omènes que présente l'eau sont les propriétés de l'eau, hénomènes que présente le protoplasma vivant ou mort, de même ses propriétés. Si l'on peut affirmer que la re et les propriétés de l'eau résultent de la nature et de position de ses molécules composantes, je ne vois aucune n intelligible pour refuser de dire que les propriétés du plasma sont aussi le résultat de la nature et de la dis- ion de ses molécules.

is, prenez-y garde, en acceptant ces conclusions, vous ez le pied sur le premier degré d'une échelle qui, au de bien des gens, est l'inverse de celle de Jacob et con- aux antipodes du ciel. Il peut sembler de peu d'impor-tance d'admettre que les actions vitales si simples d'un champignon ou d'un foraminifère sont les propriétés de leur protoplasma, et résultent directement de la nature de la matière qui les constitue. Mais si, comme j'ai essayé de vous le démontrer, leur protoplasma est essentiellement identique avec celui d'un animal quelconque et susceptible d'en prendre facilement la forme, je ne puis découvrir aucune raison pour s'arrêter là, et pour ne pas conclure immédiatement que toute activité vitale peut être considérée comme le résultat des forces moléculaires du protoplasma qui la déploie; s'il en est ainsi, je puis dire, dans le même sens et avec la même vérité, que les idées que j'exprime en ce moment, et vos propres pensées en m'écoutant, ne sont que l'expression de certaines modifications moléculaires dans cette matière de vie, qui est la source de tous nos phénomènes vitaux.

Toutes les fois que les propositions que je viens d'émettre devant vous se sont trouvées soumises à l'appréciation et à la critique du public, elles ont été, de la part de beaucoup de personnes zélées et peut-être même de quelques penseurs sérieux, l'objet d'une vive réprobation. Je pourrais citer ici mon expérience personnelle. Je ne serais guère étonné d'entendre de quelque coin sortir le mot de *matérialisme grossier et brutal*, comme l'épithète la plus douce qui puisse s'appliquer à de pareilles théories. Et il est indubitable que les termes de mes propositions sont nettement matérialistes. Il y a cependant deux choses également certaines : la première, c'est que je maintiens la vérité absolue de ces propositions ; la seconde, c'est que, pour mon compte, je suis si peu matérialiste, que je considère le matérialisme comme l'expression d'une grave erreur philosophique.

Cette association d'une terminologie matérialiste que j'adopte avec une répudiation complète de la philosophie matérialiste ne m'est point particulière; je la partage avec plusieurs des esprits les plus sérieux que je connaisse. Lorsque, pour la première fois, j'ai pensé à venir vous faire cette leçon, il m'a semblé que c'était l'occasion ou jamais de montrer que cette association est non-seulement compatible avec une saine logique, mais encore exigée par elle. Je me suis proposé de vous conduire, au travers du terrain des phénomènes vitaux, jusqu'à la fondrière matérialiste dans laquelle vous vous trouvez maintenant plongés, pour vous montrer ensuite l'unique issue qui, à mon sens, puisse permettre de sortir de là.

Une coïncidence que je n'ai connue qu'à mon arrivée ici, la nuit dernière, donne à cette partie de ma thèse une opportunité toute particulière. J'ai trouvé dans vos journaux l'éloquente allocution sur *les limites de la recherche physique*, qu'un prélat distingué de l'Église anglaise avait prononcée, le jour précédent, devant les membres de l'Institution Philosophique. Cette discussion, elle aussi, tourne autour de ce même point, les limites de la recherche physique; et je ne puis mieux exposer ici mes propres idées sur ce sujet qu'en les mettant en regard de celles que l'archevêque d'York a si simplement, et en général si nettement exposées.

Mais qu'on me permette une observation préliminaire sur un fait qui m'a singulièrement étonné. Appliquant à cette appréciation des limites de la recherche physique que je considère, avec un grand nombre de savants, comme juste, la dénomination de *nouvelle philosophie*, l'archevêque commence son allocution par identifier cette *nouvelle philosophie* avec la philosophie positive d'Auguste Comte (qu'il regarde comme

son fondateur), et il se met alors à attaquer vigoureusement ce philosophe et ses doctrines.

Que le très-vénérable prélat écrase Auguste Comte sous le poids de sa dialectique, et le mette en pièces comme un moderne Agag, ce n'est certainement pas moi qui essayerai d'arrêter son bras. Lorsque j'ai étudié les traits caractéristiques de la philosophie positive, je n'y ai trouvé que peu de chose, je pourrais dire rien du tout, de quelque valeur scientifique, et en revanche bien des particularités tout aussi contraires à l'essence même de la science que tout ce qu'il y a de plus antiscientifique dans le catholicisme ultramontain. En somme, la philosophie d'Auguste Comte me paraît pouvoir se définir pratiquement un catholicisme sans christianisme.

Mais qu'a de commun la philosophie d'Auguste Comte avec la *nouvelle philosophie*, telle que l'archevêque la définit dans le passage suivant?

« Permettez-moi de vous rappeler brièvement les principes » primordiaux de cette nouvelle philosophie.

» Toute science repose sur l'expérience des faits observés » par les sens. Les traditions des anciennes philosophies ont » obscurci notre expérience, en y mêlant bien des choses qui » sont en dehors de l'observation des sens; et tant que ces ad» ditions n'auront pas entièrement disparu, notre science sera » imparfaite. Par exemple, la métaphysique nous dit que tel » fait observé est une cause, et tel autre un effet de cette » cause; mais, en rigide analyse, nos sens n'observent ni » cause ni effet: ils nous enseignent que tel fait succède à un » autre, et, après un certain nombre d'expériences, ils recon» naissent que le second ne manque jamais de suivre le pre» mier; en conséquence, à la notion de cause et d'effet, nous » devons substituer celle de succession invariable. Une an» cienne philosophie nous apprend à définir un objet par la » distinction de ses qualités essentielles et de ses qualités » accidentelles : mais l'expérience ne connaît ni essentiel ni » accidentel; elle voit seulement que certains caractères » appartiennent à un objet, et, après un certain nombre d'ob» servations, elle constate que certains de ces caractères ne » lui manquent jamais, tandis que les autres peuvent lui faire » défaut.... Comme toute connaissance est relative, il faut » bannir, avec toutes les autres traditions, la notion d'une » chose nécessaire (1). »

Il y a dans ce passage bien des traits qui peuvent caractériser l'esprit de la *nouvelle philosophie*, si l'on entend par ce mot l'esprit de la science moderne; mais je ne puis pas ne pas être saisi d'étonnement, quand je songe que la société éclairée et savante d'Edimbourg a pu, sans un signe de protestation, laisser déclarer Auguste Comte le fondateur de ces doctrines. Personne n'accusera les Écossais d'être en général oublieux de leurs gloires nationales; mais l'ombre de David Hume n'a-t-elle pas dû tressaillir dans sa tombe, lorsque, à quatre pas de la maison qu'il habita, vous avez pu entendre sans un murmure attribuer ses doctrines les plus caractéristiques à un écrivain français postérieur de soixante années, et dont les pages lourdes et verbeuses rappellent si peu la vigueur de pensée et la merveilleuse précision de style de celui que je ne crains pas d'appeler le plus fin penseur du XVIII[e] siècle, — bien que ce siècle ait produit Kant?

Mais je ne suis pas venu en Écosse pour venger l'honneur de l'un des plus grands hommes qu'elle ait jamais produits. Mon affaire est de vous montrer que l'unique voie pour nous tirer du grossier matérialisme dans lequel nous venons de débarquer, consiste précisément à adopter et à mettre rigoureusement en pratique les principes que l'archevêque frappe d'une réprobation si énergique.

Supposons que la science soit absolue et non relative, et, en conséquence, que notre conception de la matière représente ce qu'elle est réellement. Supposons, en outre, que nous nous rendions compte des effets et causes plutôt que d'un certain ordre défini de succession entre les faits, que nous pénétrions la nécessité de cette succession, et par conséquent que nous ayons la connaissance de lois nécessaires; — et, pour ma part, je ne vois pas comment nous échapperons dès lors au matérialisme et au *nécessarianisme*. Il est évident en effet que notre connaissance de ce que nous appelons le monde matériel est, pour commencer, au moins aussi certaine et précise que celle du monde spirituel, et que la science que nous avons de ses lois est d'une date tout aussi ancienne que notre notion de spontanéité. En outre, j'admets qu'il soit entièrement impossible de prouver qu'un fait quelconque puisse ne pas être l'effet d'une cause matérielle et nécessaire; j'admets que la logique humaine soit également impuissante à démontrer qu'un acte quelconque est réellement spontané. Un acte réellement spontané est celui qui n'a pas de cause; et essayer de prouver une pareille négation en face de la matière serait absurde. Aussi longtemps qu'il y aura ainsi impossibilité physique à démontrer qu'un phénomène donné n'est pas l'effet d'une cause matérielle, tout homme qui connaît l'histoire de la science admettra que ses progrès ont eu en vue de tout temps, et ont en vue maintenant plus que jamais, l'extension du domaine de ce que nous appelons matière et causalité, et en même temps l'expulsion graduelle de toutes les régions de l'intelligence humaine que nous appelons esprit et spontanéité.

Je me suis efforcé, dans la première partie de ce discours, de vous donner une idée de la direction vers laquelle tend la physiologie moderne. Je vous le demande maintenant, quelle différence y a-t-il entre la conception de la vie comme le produit d'une certaine disposition de molécules matérielles, et la vieille notion d'un *archée* gouvernant et dirigeant la matière aveugle dans chaque corps vivant; si ce n'est celle-ci, que, ici comme ailleurs, la matière et la loi ont chassé l'esprit et la spontanéité ? Aussi sûrement que l'avenir naît du passé et du présent, la physiologie de l'avenir étendra graduellement le royaume de la matière et de la loi, jusqu'à ce qu'il soit aussi grand que la science, le sentiment et l'action.

La conscience de cette grande vérité pèse, je crois, comme un cauchemar, sur beaucoup des meilleurs esprits de ce temps. Ils voient là les progrès du matérialisme avec la crainte et l'impuissante colère du sauvage qui, pendant une éclipse, regarde la grande ombre couvrir peu à peu la surface de son soleil. Le flux envahisseur de la matière menace d'emporter leurs âmes; l'étreinte chaque jour plus serrée de la loi porte atteinte à leur liberté; ils craignent de voir la nature morale de l'homme abaissée par l'élévation de sa science.

Si la *nouvelle philosophie* méritait la réprobation dont on la salue, j'avoue que ces craintes me sembleraient bien fondées. Mais si l'on venait à consulter David Hume, je pense qu'il sourirait de ces perplexités, et qu'il nous blâmerait d'a-

(1) *Les limites de la recherche physique*, pages 4 et 5.

', comme des païens, des hideuses idoles que nos
nains ont édifiées.
e savons-nous, après tout, de cette terrible *matière*, si
ue c'est un nom appliqué à la cause inconnue et hy-
ie des états de notre conscience? Que savons-nous
prit, dont la destruction menaçante par la matière
es lamentations semblables à celles qui signalèrent
e Pan, si ce n'est que c'est aussi un mot pour une
condition inconnue et hypothétique des états de
science? En d'autres termes, matière et esprit ne
des noms pour les *substrata* imaginaires de groupes
mènes naturels.
lle est la terrible nécessité et la loi *de fer* sous la-
missent les hommes? En vérité, voilà des fantômes
bien gratuitement. Je suppose que s'il y a une loi *de*
celle de la gravitation; et s'il existe une nécessité
, c'est qu'une pierre, abandonnée à elle-même, tombe
. Mais que savons-nous réellement et que pouvons-
ir sur ce dernier phénomène? Simplement ceci,
rès l'expérience humaine tout entière, les pierres
lans de pareilles conditions sont toujours tombées
; que nous n'avons pas le plus léger motif pour sup-
'il n'en sera pas ainsi dans tous les cas pareils,
ous avons au contraire toute raison de croire qu'il en
même. Cela posé, nous trouvons commode d'indiquer
es les conditions pour avoir cette croyance sont
, en appelant ce fait une *loi naturelle*. Mais lorsque,
ela nous arrive souvent, nous changeons *tombera* en
nber, nous introduisons une idée de nécessité qui
llement dans les faits observés et dont je ne vois nulle
stification. Pour ma part, je répudie complétement
e et la condamne. Je connais un fait, je connais une
s d'où sort cette nécessité, et qu'est-elle, sinon un
eux de notre propre imagination?
'il est certain que nous ne pouvons connaître la na-
e la matière ni de l'esprit, et que la notion de néces-
illégitimement jetée dans la conception parfaite-
itime de la loi, l'affirmation matérialiste qu'il n'y a
nonde que matière, force et nécessité, est aussi peu
e que les plus hasardés des dogmes théologiques. Les
fondamentales du matérialisme, aussi bien que
spiritualisme et de beaucoup d'autres *ismes*, sortent
es de la recherche physique, et le grand service que
me a rendu à l'humanité, est d'avoir irréfragable-
montré ce que sont ces limites. Hume s'est appelé
e un sceptique; on aurait par conséquent mauvaise
faire des reproches à ceux qui lui appliquent la
ualification; et cependant il n'en est pas moins vrai
elle épithète, avec la signification qu'elle a aujour-
peut s'appliquer à un tel esprit sans une injustice
. Si quelqu'un me demandait ce qu'est la politique
ants de la lune, si je répondais que je l'ignore et que
ni personne n'avons aucun moyen de l'apprendre,
conséquent je refuse de me préoccuper le moins du
ce propos, je ne pense pas qu'on fût en droit de
r sceptique. Au contraire, en répondant ainsi, il me
ue je serais simplement honnête et franc, et que je
ais le prix que j'attache à l'économie du temps. C'est
Hume, soumettant à sa logique subtile et vigou-
grand nombre de ces problèmes dont nous sommes
ment curieux, a fait voir que ce sont là des ques-
tions de l'ordre de celle dont je parlais tout à l'heure, aux-quelles il est absolument impossible de donner réponse, et qui, par conséquent, ne doivent pas attirer l'attention des hommes qui ont une œuvre quelconque à faire en ce monde. Il termine un de ses *essais* de la manière suivante :

« S'il vous tombe entre les mains un volume sur la Divinité » ou sur la métaphysique scolastique, demandez tout d'a- » bord : Y a-t-il là quelques raisonnements abstraits sur la » quantité ou le nombre? — Non.— Y a-t-il là quelque recher- » che expérimentale sur la matière, les faits et la vie? — Non. » Jetez-le dès lors dans les flammes, car vous ne pourriez y » trouver que sophisme et illusion (1). »

Permettez-moi d'appuyer encore sur un conseil si sage. Pourquoi nous préoccuper de choses desquelles nous ne savons rien et ne pouvons rien savoir, quelle que puisse être d'ailleurs leur importance? Nous vivons dans un monde rempli de misère et d'ignorance; le devoir de chacun de nous est de faire ses efforts pour rendre le petit coin de ce monde sur lequel il peut avoir quelque influence un peu moins misérable et moins ignorant qu'il n'était. Pour arriver à ce but, il est nécessaire d'être bien pénétré de ces deux principes : le premier, que l'ordre de la nature est susceptible d'être découvert par nos facultés, dans une étendue qui est pratiquement sans limites; le second, que nos volontés peuvent avoir sur le cours des événements une certaine influence.

Nous pourrons soumettre ces deux principes à l'expérience aussi souvent que nous le voudrons. L'un et l'autre, par conséquent, s'appuient sur la base la plus forte qui puisse supporter une croyance quelconque, et constituent nos plus hautes vérités. Si nous trouvons que la découverte de l'ordre de la nature est facilitée par l'usage d'une terminologie particulière ou d'une classe de symboles plutôt que d'une autre, c'est évidemment notre devoir d'employer la première; et il n'y aura aucun inconvénient à craindre, tant que nous aurons bien présent à l'esprit ce fait, que nous n'avons affaire qu'à des termes et à des symboles.

Il est en soi-même de peu d'importance que nous exprimions les phénomènes de la matière en termes de l'esprit, ou les phénomènes de l'esprit en termes de la matière : la matière peut être considérée comme une forme de la pensée; la pensée peut être considérée comme une propriété de la matière. Chacune de ces assertions possède une certaine vérité relative. Mais, en vue du progrès de la science, on doit, dans tous les cas, préférer la terminologie matérialiste. En effet, elle réunit la pensée aux autres phénomènes de l'univers, et inspire l'étude de la nature de ces conditions physiques concomitantes de la pensée, qui nous sont plus ou moins accessibles, et dont la connaissance peut dans l'avenir nous aider à exercer sur le monde de la pensée le même genre de contrôle que nous possédons déjà sur le monde matériel. La terminologie spiritualiste est complétement stérile, et ne conduit à rien qu'à l'obscurité et à la confusion des idées.

Ainsi, on ne peut guère en douter, les progrès futurs de la science ne seront rapides et importants qu'à la condition que tous les phénomènes de la nature seront représentés par des formules et des symboles matérialistes.

Mais l'homme de science qui, oubliant les limites de la recherche physique, glisse de ces formules et de ces symboles

(1) Hume, *Essai sur la philosophie académique ou sceptique* les *Recherches sur l'entendement humain.*

dans ce que l'on comprend communément par matérialisme, me paraît se mettre dans le cas du mathématicien qui prendrait les x et les y, au moyen desquels il travaille ses problèmes, pour des entités réelles, avec ce désavantage pour le premier, que les erreurs du mathématicien n'auraient aucune conséquence pratique, tandis que celles du matérialiste systématique pourraient paralyser les énergies et détruire la beauté de la vie.

T. H. HUXLEY,
Professeur à l'Ecole royale des mines à Londres.

— Traduit de l'anglais par RENÉ BENOIT. —

SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE PARIS

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE

M. P. BROCA (1)

Les études anthropologiques depuis dix ans en Europe et en Amérique. — Les sociétés d'anthropologie

Le voyageur qui gravit une pente aime à faire de temps en temps une halte et à se retourner, pour promener ses yeux sur le chemin qu'il vient de parcourir. Il oublie pour un moment l'heure présente, et, reportant ses souvenirs sur les obstacles qu'il a franchis, il y puise un nouveau courage pour faire face aux difficultés qui vont renaître sous ses pas. Comme ce voyageur, messieurs, vous désirez aujourd'hui jeter un regard en arrière. Après dix années d'un labeur incessant, qui n'a pas été sans profit pour la science, vous avez voulu que le premier anniversaire décennal de la fondation de votre Société devînt l'occasion d'une revue rétrospective des circonstances qui ont concouru, pendant cette période, à provoquer, dans la science anthropologique, tant de découvertes et tant de progrès. Il ne s'agit plus, comme dans nos comptes rendus ordinaires, d'une analyse plus ou moins succincte de vos travaux; et comment, d'ailleurs, pourrait-on essayer de condenser en quelques pages des mémoires, des communications, des discussions qui remplissent déjà plus de douze volumes, et dont la seule énumération pourrait durer plusieurs heures? Ce que vous demandez, c'est un tableau d'ensemble, où l'œuvre de chacun doit disparaître dans l'œuvre collective, une appréciation impersonnelle de l'influence que notre société a exercée sur le mouvement de notre science, un parallèle de l'anthropologie telle qu'elle était avant vous et de l'anthropologie telle qu'elle est aujourd'hui; — tâche délicate et périlleuse, qui eût été remplie avec bien plus de tact, de sagesse et d'autorité par le professeur éminent qui préside cette année nos séances. Cette mission lui revenait de droit, et vous la lui avez tout d'abord offerte. — Mais M. Lartet n'est pas comme tout le monde. A la recherche, à la découverte, il marche le premier. S'agit-il, au contraire, de se montrer, de se produire, il s'efface derrière les autres. N'ayant pu vaincre la modestie de votre président, vous avez choisi à sa place votre secrétaire général, et j'ai dû me rendre à vos désirs, qui pour moi sont toujours des ordres; mais je ne me dissimule pas qu'en vous obéissant, je m'expose à rester dessous d'une tâche que vous n'aviez pas mesurée pour [...] forces. Déjà habitué à compter sur votre bienveillance, [...] à votre indulgence que je fais appel aujourd'hui, et vous l'accorderez peut-être si vous voulez bien vous souvenir [de] ce vieux distique :

> Da veniam scriptis quorum non gloria nobis
> Causa, sed aspera lex officiumque fuit.

Ce qui caractérise la période décennale dont je vais ess[ayer] d'esquisser l'histoire, c'est la diffusion des études anthr[opo]logiques, l'accroissement rapide et jusqu'alors sans exem[ple] du nombre des savants qui s'y sont voués et des person[nes] qui s'y sont intéressées. Il s'est formé en peu d'années un [pu]blic nombreux et distingué qui comprend l'importance [de] notre science, qui applaudit à ses progrès, qui a foi dans [son] avenir.

Avant cette époque, ceux qui consacraient leur temps à [la] solution de quelques-uns de nos problèmes devaient se [ré]signer à n'avoir que quelques lecteurs de choix, à voi[r le] silence se faire autour de leurs idées et à entendre sortir [de la] bouche des sages ces paroles peu encourageantes : « Quel d[om]mage que tant de travail et tant de persévérance ne so[ient] pas appliqués à des sujets moins stériles! » Aujourd'hui, [les] mêmes savants trouvent partout des tribunes ouvertes à l[eurs] discussions, des revues et des journaux ouverts à leurs p[ubli]cations, des auditeurs éclairés, des lecteurs assidus, et [les] mêmes sages les félicitent de l'utilité de leurs recherches.

Quelles sont donc les causes de cet heureux changem[ent?] Elles sont multiples sans doute; et nous devons reconna[ître] tout d'abord qu'une science dont l'histoire compte des n[oms] comme ceux de Buffon, de Camper, de Blumenbach, de Pr[i]chard, de William Edwards, de Morton, de Retzius, de Rodol[phe] Wagner, — pour ne parler que des morts, — devait tôt ou t[ard] s'imposer aux esprits et triompher de l'indifférence publiq[ue.] Nous devons reconnaître aussi que le développement de n[otre] science était subordonné aux progrès de la linguistique, d[e la] géologie, de la paléontologie, de l'archéologie préhistoriq[ue,] qui n'ont revêtu le caractère des connaissances positives [que] dans la première moitié du XIXe siècle. Autant il était imp[os]sible que l'anthropologie prît tout son essor avant que [les] sciences auxiliaires fussent parvenues à leur maturité, [au]tant il était nécessaire qu'elle les suivît un jour dans l[eur] évolution. Mais elle aurait pu, longtemps encore, attendre [son] heure, si une impulsion vigoureuse n'était venue, il y a [dix] ans, la pousser tout à coup dans ses nouvelles voies.

Cette impulsion, messieurs, c'est à vous qu'elle est d[ue.] C'est vous qui, en réunissant vos forces, en combinant [vos] aptitudes diverses, en faisant converger vers un même but [les] nombreuses sciences dont la science de l'homme est tri[bu]taire, avez fait de la Société d'anthropologie de Paris un fo[yer] d'attraction et de rayonnement dont l'influence s'est rapi[de]ment répandue.

Déjà avant vous, mais dans des conditions moins heureu[ses,] d'autres sociétés avaient, sous des noms divers, entrepris [la] tâche difficile que vous avez accomplie.

Ce fut d'abord la *Société des observateurs de l'homme*, fon[dée] à Paris, en 1800, par une réunion de naturalistes et de méd[e]cins. Le titre même de cette Société et le programme tr[acé] par Jauffret, secrétaire perpétuel, montrent clairement q[ue] l'intention des fondateurs était principalement de provoqu[er] des études sur l'histoire naturelle de l'homme. On se propos[ait]

---

(1) Voyez d'autres lectures de M. Broca dans notre tome V, p. 423, 30 mai 1868 (*la fécondité des mariages et les doctrines de Malthus*); — dans notre tome IV, page 609, 24 août 1867 (les *Travaux de la Société d'anthropologie de 1865 à 1867*); — dans le même tome IV, pages 305, 321 et 533, 13 et 20 avril et 20 juillet 1867 (*Accroissement, validité militaire et vie moyenne de la population en France*).

it de donner un but et une direction aux recherches yageurs. C'était sur les renseignements qu'ils allaient ir que l'on comptait pour alimenter les séances de la é. — Mais on ne comptait pas sur les guerres conti-ès et générales qui allaient suspendre pour longtemps nmerce et les voyages lointains. En attendant ces docu-s anthropologiques, qu'elle ne devait pas recevoir, la So-se retourna vers les questions d'ethnologie historique et ologique. L'histoire naturelle fut négligée pour la phi-hie, la politique et la philanthropie. L'illustre Coray, s Grecs modernes considèrent à juste titre comme le de leur nation, venait d'arriver à Paris, où il s'était la mission de faire connaître l'état de la Grèce et d'in-er au sort de son pays opprimé les lettrés et les savants France. Trouvant quelques difficultés à promulguer lées par la voie d'une presse étroitement bâillonnée, il ssa à la Société des observateurs de l'homme, et ce fut qu'il présenta son célèbre mémoire sur l'*État actuel de lisation de la Grèce*. Au milieu des agitations militaires poque, ce mémoire n'eut que peu de retentissement le public, mais il fit une vive impression sur la Société était saisie, et qui, bientôt envahie par les philhellènes, décidément son caractère scientifique. Après environ années d'une existence peu active (1), elle fit fusion avec *ciété philanthropique* et s'y absorba entièrement, ne lais-dans l'histoire des sciences qu'un vague souvenir. Plus après la chute de l'empire, le mémoire de Coray, plu-s fois réédité et traduit dans la plupart des langues de ope, devint le point de départ du mouvement philhellé-e, et on le cite aujourd'hui comme le prélude de l'éman-ion de la Grèce. Quant à la Société des observateurs de mme, on a oublié jusqu'à la part, cependant très-réelle, e a prise à ce mouvement, auquel elle a sacrifié son nce scientifique. Les naturalistes qui l'avaient fondée ent trop hâtés de faire appel au concours des philosophes lettrés. L'anthropologie n'était pas encore assez solide-constituée, elle n'avait pas assez de résistance propre utiliser à son profit et retenir dans sa sphère les forces gères qu'elle avait appelées à son aide. Au lieu de les sur son terrain, elle avait été entraînée à leur suite sur mouvant de la politique.

te tentative avortée était oubliée depuis longtemps, lors-es philanthropes anglais fondèrent à Londres, en 1838, *ciété pour la protection des aborigènes*, sous la présidence r Thomas Fowel Buxton. Quoique cette association tât parmi ses membres des savants distingués, elle était t politique et sociale que scientifique. C'était l'époque où estion de l'esclavage, déjà résolue par l'Angleterre, nençait à occuper les législateurs de la France. Dans la n de 1839, la chambre des députés, saisie par M. de d'une proposition tendante à émanciper les esclaves s colonies, avait chargé une commission de faire une ête sur ce grave sujet; et la Société de Londres, espérant n pression de l'opinion publique pourrait exercer une nce favorable sur les décisions de la chambre, résolut ovoquer en France la fondation d'une société pour l'af-hissement des noirs. Un de ses principaux membres, dgkin, vint à Paris et se mit en rapport avec plusieurs personnes distinguées, notamment avec l'éminent naturaliste et anthropologiste William Edwards. Mais une association de ce genre n'était pas alors possible en France, où prévalait encore, dans les mœurs comme dans la législation, le principe égoïste : *Chacun pour soi, chacun chez soi !* Toutefois le mouvement que M. Hodgkin s'était efforcé de produire ne resta pas sans effet; à défaut d'une association politique, William Edwards et ses amis résolurent de fonder une société scientifique, et ainsi naquit la célèbre *Société ethnologique de Paris*, dont le ministre de l'instruction publique (avec la permission du ministre de l'intérieur) autorisa la fondation le 20 août 1839.

Depuis l'insuccès des *Observateurs de l'homme*, l'anthropologie avait fait de notables progrès, et si elle n'était pas constituée encore à l'état de science positive, elle possédait déjà une masse considérable de matériaux qui n'attendaient, pour s'agencer et se grouper méthodiquement, que le contrôle de la discussion. Vingt-cinq ans d'une paix féconde avaient rendu toute son activité au commerce transocéanique ; de nombreux voyages d'exploration, plusieurs grandes expéditions autour du globe, avaient rapidement élargi le cercle des observations anthropologiques. Plusieurs musées crâniologiques commençaient déjà à se former. La publication des décades de Blumenbach était terminée ; les travaux de Virey, de Prichard, de Bory de Saint-Vincent, de Desmoulin, de Gerdy, de d'Orbigny, de Broc, de Lesson, avaient éclairé la description et la classification des races humaines, et tout récemment (1839) le célèbre Morton avait fait paraître son grand ouvrage intitulé *Crania americana*. Enfin, la linguistique, qui pendant longtemps n'avait fait qu'égarer les esprits, venait de trouver sa méthode positive ; les rapprochements et les filiations qu'elle établissait n'étaient plus de vaines hypothèses; et l'étude des langues, jusqu'alors si trompeuse, allait devenir un des guides les plus sûrs dans la recherche des origines. Ce fut dans ces conditions favorables que la Société ethnologique de Paris commença ses travaux, et vous savez, messieurs, qu'elle fut à la hauteur de sa tâche. Ses deux volumes de *Mémoires*, son volume de *Bulletins*, compteront toujours au nombre des plus importants recueils anthropologiques. Mais, quoique ses fondateurs eussent obtenu promptement des adhésions assez nombreuses, le nombre de ses membres actifs resta longtemps fort limité. Ses séances excitaient un certain intérêt de curiosité, mais elles manquaient souvent d'animation, et ses discussions n'avaient presque aucun retentissement en dehors de son enceinte. Toutefois, lorsque le premier volume de ses *Mémoires* eut paru, quelques savants anglais comprirent l'utilité de son œuvre et résolurent de l'imiter. Par leurs soins, une société semblable fut organisée à Londres, au mois de mai 1844, et pris comme elle le titre de *Société ethnologique*, adopté peu de temps après par une troisième société fondée à New-York.

La Société ethnologique de Paris avait donc étendu son influence au delà des mers, et elle pouvait légitimement se féliciter de ce succès. Mais, il faut le reconnaître, elle manquait d'ensemble et de cohésion. A l'époque où elle fut fondée, la galerie anthropologique du Muséum n'existait pas ; il n'y avait à Paris aucune collection où l'on pût étudier l'ostéologie comparée des races humaines : de sorte qu'elle n'avait pu asseoir son édifice sur la base solide de l'anatomie, qui est le fondement le plus positif de l'histoire naturelle. A défaut de l'anatomie, qui ne figura guère que dans son programme, elle étudia, et souvent avec le plus grand succès, l'histoire parti-

(1) Quelques-uns des procès-verbaux de la Société des observateurs l'homme ont été publiés de 1800 à 1803 dans le *Magasin encyclopédique*.

culière de certaines races, leurs caractères intellectuels et moraux, leurs mœurs, leurs langues, leurs aptitudes, leur rôle dans la civilisation ; questions d'un haut intérêt, dont l'ensemble constitue, sous le nom d'ethnologie, l'une des branches les plus importantes de l'anthropologie, mais qui entraînent aisément les esprits hors des voies scientifiques et se prêtent aux spéculations les plus hasardées, lorsqu'elles ne sont pas maintenues sur le terrain de la réalité par la main puissante de l'observation. L'ethnologie n'étudie l'homme que comme l'élément constitutif des races et des peuples. L'anthropologie l'étudie, en outre, comme un des hôtes de la terre, comme un des membres de la faune, comme le représentant d'un groupe zoologique assujetti aux lois générales qui régissent l'ensemble de la nature. Celui qui se restreindrait à ce dernier point de vue négligerait le côté le plus utile et le plus pratique de la science de l'homme ; mais celui qui s'en tient exclusivement au premier méconnaît le principe qui fait la sécurité des sciences, et qui consiste à procéder du simple au composé, du connu à l'inconnu, du fait matériel et organique au phénomène fonctionnel. Les fondateurs de la Société ethnologique ne l'ignoraient point ; William Edwards, qui traça son programme, M. Vivien de Saint-Martin, qui formula plus tard avec la plus grande netteté les principes fondamentaux de l'anthropologie, accordèrent l'un et l'autre la primauté à l'étude des caractères physiques de l'homme. Mais ces excellentes règles ne purent être appliquées, parce que les collections de crânes et de squelettes que nous possédons aujourd'hui n'existaient pas encore.

Privée du concours et du contrôle de l'anatomie et de la crâniologie, la Société ethnologique était comme ces embarcations qui, faute de lest, inclinent du côté où se porte l'équipage, et qui, pouvant encore naviguer par un temps calme, courent les plus grands dangers dans les jours d'orage. On le vit bientôt. Il arriva un moment où les séances, si longtemps paisibles de la Société, furent agitées par la question de l'esclavage. Il ne s'agissait d'abord que de déterminer les caractères distinctifs des races blanches et des races noires ; mais ce fut en vain que les naturalistes et les anatomistes, trop peu nombreux, s'efforcèrent de maintenir la discussion dans le domaine de l'histoire naturelle, ils ne purent empêcher les autres orateurs, partisans ou adversaires de l'émancipation des noirs, de s'élancer avec passion sur le terrain brûlant de la politique sociale, et d'y entraîner enfin la Société presque tout entière. C'était en 1847 ; le débat grandissait à chaque séance : au dehors on commençait à s'y intéresser ; les beaux discours du célèbre abolitionniste Schœlcher trouvaient de l'écho dans la grande presse, et le public s'imaginait volontiers que l'ethnologie, dont il entendait parler pour la première fois, n'était pas une science, mais quelque chose d'intermédiaire entre la politique, la sociologie et la philanthropie, — impression fâcheuse qui devait longtemps durer, et qui, pour le dire en passant, mit plus tard les fondateurs de la Société d'anthropologie aux prises avec la méfiance des bureaux de la police. Cette grande discussion durait déjà depuis près d'une année, et elle aurait pu s'éterniser, si la révolution de février n'était venue y mettre un terme. Le gouvernement provisoire, en abolissant l'institution de l'esclavage, coupa court à la controverse, et la Société d'ethnologie avait si complétement concentré sa vie sur ce débat désormais superflu, que les sources de son activité se trouvèrent taries du même coup. Elle ne se déclara pas dissoute, mais elle n'eut plus qu'une existence nominale ; elle cessa de se réunir ; elle disparut comme si elle n'avait plus de raison d'être, laissant dans la science une lacune qui ne devait être comblée que onze années plus tard.

Il restait encore, il est vrai, à Londres ou à New-York, deux sociétés d'ethnologie qui n'avaient pas eu le même éclat et qui n'eurent pas le même sort. Elles continuèrent à vivre tranquillement, à recueillir des documents intéressants sur divers peuples des deux mondes, et à fournir lentement quelques publications utiles : mais, en séparant de plus en plus l'ethnologie de l'histoire naturelle, elles se privèrent du concours des hommes habitués aux méthodes rigoureuses d'observation ; n'exercèrent qu'une faible influence sur la marche de la science ; ce ne fut pas dans leur sein que s'effectuèrent les travaux les plus utiles à l'anthropologie.

Ralenti par la chute de la Société ethnologique de Paris, le mouvement de l'anthropologie était loin cependant d'être arrêté. En France, l'enseignement de cette noble branche de l'histoire naturelle, inauguré par M. Serres, était continué par M. de Quatrefages avec un succès qui ne s'est jamais démenti. La galerie d'anthropologie du Muséum se constituait et se développait rapidement ; — déjà plusieurs savants communiquaient à l'Académie des sciences divers mémoires de crâniologie, et à la même époque, Boucher de Perthes, novateur encore méconnu, recueillait avec une invincible persévérance les preuves matérielles de l'antiquité de l'homme. A Stockholm, le grand anatomiste Retzius poursuivait et complétait ses remarquables travaux crâniologiques, alors peu connus en France, mais déjà célèbres en Allemagne. Les savants archéologues du Danemark, après avoir constitué sur des bases nouvelles l'archéologie préhistorique, préparaient par l'étude des kjökkenmöddings et des tourbières l'avénement de la paléontologie humaine. En Suisse, la découverte et l'exploration des habitations lacustres permettaient de formuler avec précision la succession des âges de la civilisation et de l'industrie. En Angleterre, les tombeaux anciens, fouillés avec persévérance, fournissaient une ample récolte de crânes bretons, romains ou anglo-saxons, et nos éminents collègues, Barnard Davis et Thurnam commençaient la publication de leur splendide ouvrage : *Crania britannica.*

En Amérique, enfin, George Samuel Morton augmentait sans cesse sa collection crâniologique, qui fut pendant quelque temps la plus riche du monde entier ; perfectionnait la crâniométrie, complétait la description des types américains, et soutenait avec éclat la doctrine polygéniste, à laquelle se rallièrent plusieurs des savants les plus éminents de son pays. Mieux qu'aucun de leurs prédécesseurs, Morton et ses élèves avaient compris la nécessité de faire concourir à l'étude de l'homme, celle de la géologie, de la paléontologie, de l'archéologie, celle de la zoologie générale, de la géographie zoologique et de la géographie médicale. Pour réaliser ce programme, pour donner à l'anthropologie toute son extension, il ne manqua à l'école américaine que le calme philosophique qui place les recherches de la science en dehors et au-dessus des passions politiques et religieuses. En 1851, époque où mourut l'illustre Morton, les États-Unis étaient déjà profondément remués par cette agitation abolitionniste qui devait aboutir, dix ans plus tard, à la plus terrible des guerres civiles. Dans les polémiques ardentes que fit naître alors la question de l'esclavage, on vit invoquer tour à tour les intérêts et les sentiments, le droit du faible et le droit du

la théologie, comme toujours, fournit des arguments t le monde; et la science enfin eut son tour.
une de ces confusions d'idées que l'ignorance publique par imposer même aux lettres et aux savants, on s'imaque la doctrine polygéniste était solidaire de l'esclavage, e la doctrine monogéniste était inséparable de l'émanon. Étrange oubli de l'histoire, qui nous montre l'esclasanctionné par les monogénistes juifs, accepté par les génistes chrétiens, réglementé par les monogénistes lmans, introduit en Amérique à la demande de l'évêque asas, par un pape monogéniste, — puis combattu au siècle par des philosophes qui ne se piquaient pas odoxie, flétri par Voltaire qui faisait profession de polyme, et enfin aboli pour la première fois par la Convenationale, en vertu d'un principe qui n'avait rien de un avec les dogmes! — Mais il s'agissait bien du ! On savait seulement qu'au XIX[e] siècle le mouvement ionniste avait été effectué en Angleterre par des sociétés euses, au nom de la fraternité et de l'unité des races iques; c'était sous cette forme qu'il s'était propagé aux Unis, et il n'en fallut pas davantage pour pousser les agistes à prendre un point d'appui sur la doctrine des énistes. Il y eut un moment où le débat politique parut centrer sur ce terrain scientifique, où l'on put croire destinée des nègres dépendait de l'opinion des législasur l'influence nigrifiante du soleil d'Afrique. Attaqués ment par les uns, loués outre mesure par les autres, ciples de Morton ne pouvaient rester impassibles: l'un , le savant et regrettable Gliddon, se livra plus d'une fois polémiques un peu trop empreintes de la couleur , et il est permis de le regretter; mais tout en constaue l'intérêt d'actualité contribua beaucoup à la populaes publications de l'école américaine, nous sommes s de reconnaître la haute valeur scientifique des nomes monographies qui parurent en 1854 et en 1857, dans ux grands recueils anthropologiques publiés par Nott et on. Grâce au concours de plusieurs savants spécialement és des mémoires relatifs à l'histoire naturelle générale, à niologie, à la linguistique, à l'esthétique, à la géologie et léontologie, les *Types de l'humanité* (*Types of Mankind*), *Races indigènes de la terre* (*Indigenous Races of the* sont les deux premiers ouvrages où le vaste programme thropologie, éclairée par les sciences modernes, ait été ru dans son ensemble. Un début aussi remarquable ttait de beaux jours à l'école américaine, et le sceptre thropologie eût peut-être passé dans ses mains, si les stances politiques qui avaient fait une partie de son n'eussent bientôt entravé sa marche. L'orage qui it depuis longtemps sur la grande république éclata r avec une violence qui dépassa toutes les prévisions. uerre gigantesque absorba pendant plusieurs années les forces vives du pays; les discussions scientifiques nirent au milieu du fracas des armes, et lorsque la vicu Nord eut tranché la question de l'esclavage, l'anthroe, délaissée par l'attention publique, subit le temps d'arelle avait subi en France après la révolution de février. e sera sans doute qu'une crise passagère; l'école amé-, n'en doutons pas, reprendra bientôt son œuvre ompue; — mais que son exemple, messieurs, ne soit rdu pour nous. Comme la Société des observateurs de ne, comme la Société ethnologique de Paris, elle nous a montré que ce n'est jamais sans péril que la science se laisse entraîner hors de son domaine. On blâme avec raison les savants égoïstes qui, sous le prétexte commode de se concentrer dans leurs travaux, croient pouvoir rester indifférents à toutes les grandes questions qui agitent les sociétés humaines. La supériorité de leur esprit et de leurs connaissances, loin de donner ce droit aux savants, leur fait au contraire un devoir de prendre part à la vie politique, et d'exercer sur le milieu qui les entoure une légitime influence. Qu'ils s'intéressent donc aux affaires de leur pays, qu'ils se passionnent plus ou moins, suivant leur tempérament, pour les problèmes philosophiques ou religieux, sociaux ou humanitaires; rien de mieux! Mais lorsque, rentrant dans leur laboratoire ou dans leur cabinet d'étude, ils s'appliquent aux recherches scientifiques, ils doivent comprimer leurs sentiments et leurs aspirations, et fermer l'oreille aux bruits du dehors, pour n'entendre que la voix inflexible de la vérité : car la science ne doit relever que d'elle-même et ne saurait se plier aux exigences des partis; elle est la déesse auguste qui trône au-dessus de l'humanité pour la diriger et non pour la suivre, et c'est d'elle seulement qu'on peut dire qu'elle est faite pour commander sans jamais obéir.

Pendant que les circonstances politiques donnaient, en Amérique, une vogue passagère aux publications anthropologiques, les savants de l'Europe poursuivaient paisiblement leurs recherches et marchaient d'un pas lent, mais assuré, à la découverte des faits archéologiques et paléontologiques, qui allaient ouvrir de nouvelles voies à l'anthropologie. Mais leurs efforts isolés et parfois divergents n'obtenaient que peu d'attention; un certain discrédit s'attachait même à ces études, qui n'étaient pas encore réunies en faisceau, et qui, n'ayant pas subi le contrôle de la discussion publique, ne paraissaient pas mériter beaucoup de confiance. Aux faits qui se trouvaient en contradiction avec la science officielle, on n'opposait que le dédain; aux autres, on accordait l'indulgence, toujours voisine de l'indifférence. Ce fut alors que les fondateurs de la Société d'anthropologie de Paris résolurent d'élever une tribune où toutes les opinions seraient appelées à se produire, — de constituer un centre scientifique où viendraient converger des travaux jusqu'alors dispersés, et où l'anthropologie, assise sur ses plus larges bases, réclamerait le concours de toutes les sciences qui peuvent jeter quelque jour sur l'état actuel des races humaines, sur leur histoire et leurs filiations, sur le développement de l'industrie et de la civilisation, enfin sur les origines de l'homme, sur l'époque de son apparition et sur sa place dans la nature.

Après plus de six mois employés à recueillir des adhésions et à obtenir, non sans peine, l'autorisation de se réunir (sous la surveillance de la police), la nouvelle Société tint enfin sa première séance le 19 mai 1859, et commença ses travaux scientifiques le 7 juillet suivant. Je ne sais si je me fais illusion, mais j'ai lieu de croire que cette date, dont nous célébrons aujourd'hui l'anniversaire décennal, restera dans l'histoire de l'anthropologie, et sera considérée par nos successeurs comme l'ouverture d'une période importante. C'est à partir de ce jour que l'anthropologie s'est imposée à l'attention du monde savant, qu'elle a recruté partout des adeptes, et qu'elle a cessé de marcher à tâtons pour s'élancer d'un pas rapide vers un but désormais visible à tous les yeux. Ce fut cependant un début bien humble que celui de notre Société. La commission provisoire, après de nombreuses démarches,

n'avait pu réunir que fort peu d'adhésions. Dix-neuf personnes seulement avaient consenti à figurer sur la liste des fondateurs, et quelques-unes même n'avaient fait que prêter leurs noms. On hésitait à se rallier à une entreprise dont l'utilité ne semblait pas évidente, et dont le succès paraissait plus que douteux. Mais dès que la Société fut à l'œuvre, dès qu'elle eut montré, dans ses premières discussions, la possibilité de donner une solution positive à des questions dédaignées jusqu'alors comme trop conjecturales, elle vit son personnel s'accroître rapidement, ses relations se multiplier, ses publications se répandre au delà de nos frontières, et bientôt elle eut la satisfaction de voir son exemple suivi et son programme adopté dans plusieurs autres pays.

Ce succès, qui ne s'est jamais ralenti, elle l'a dû sans doute avant tout à l'activité de ses membres, au caractère toujours scientifique et à la valeur de ses travaux, mais elle en est redevable aussi aux circonstances qui ont précédé et accompagné sa fondation. Elle est venue à son heure, au moment où l'archéologie préhistorique, remontant jusqu'à l'époque de la pierre taillée, allait se mettre en continuité avec la paléontologie, et où la démonstration prochaine de l'antiquité de l'homme allait livrer un champ immense aux investigations anthropologiques ; au moment où l'existence des populations européennes autochthones, antérieures aux migrations asiatiques, était devenue certaine, et où la discussion des théories ethnogéniques était devenue nécessaire ; au moment enfin où la première édition du livre de Charles Darwin sur l'*Origine des espèces* (*On the Origin of Species by means of Natural Selection*, Londres, 24 novembre 1859) était déjà sous presse, où l'hypothèse hardie du transformisme, reparaissant sous une forme entièrement neuve, était sur le point de faire explosion dans l'histoire naturelle, et où l'anatomie comparée des singes anthropoïdes, complétée depuis peu par l'étude du gorille, laissait entrevoir aux transformistes la possibilité, ou plutôt l'espérance, d'étendre jusqu'à l'homme lui-même les applications de leur théorie.

Appelée à recueillir, à grouper, à discuter tant de matériaux contemporains, tant d'idées encore naissantes, la Société d'anthropologie put ajouter aux programmes déjà connus deux nouvelles branches d'étude, l'*anthropologie préhistorique et paléontologique* et l'*anthropologie zoologique*, et l'intérêt puissant qui s'y attachait lui assurait au moins un succès de curiosité. Mais la curiosité, prompte à s'allumer, n'est pas moins prompte à s'éteindre, et il faut autre chose pour produire un succès durable. Les institutions ne maintiennent leur équilibre qu'à la condition de reposer sur des assises larges et fermes, et une science d'observation qui, comme l'anthropologie, touche de tous côtés à des questions spéculatives, qui, de plus, est tributaire d'un grand nombre d'autres sciences, dont les procédés diffèrent beaucoup des siens, a besoin, pour conserver son unité et son individualité, de constituer, au milieu du vaste horizon qu'elle embrasse, un groupe central de connaissances positives qui lui appartiennent en propre, qui ne relèvent que de sa méthode et qui se défendent par elles-mêmes. Or, quelle est la partie la plus positive de l'anthropologie, si ce n'est l'histoire naturelle de l'homme, c'est-à-dire l'anatomie et la biologie de l'homme ? C'est sur cette base solide que la Société d'anthropologie s'est tout d'abord établie. Toujours appuyée sur ce centre d'opérations, elle a pu, sans s'égarer, s'étendre dans toutes les directions, multiplier, varier ses sujets d'études, utiliser les forces les
plus diverses ; elle a pu même, sans perdre terre, s'é
jusqu'aux hauteurs de la synthèse, et en dégager les no
les plus essentielles de l'*anthropologie générale*, qui ser
ou tard le couronnement de notre science. C'est là ce
fait sa force, et c'est le secret de l'influence qu'elle a exe
même à l'étranger, sur le mouvement de l'anthropologie

Il n'y avait guère plus de deux ans que notre Société
fondée, lorsque le célèbre anatomiste Rodolphe Wagne
Gœttingue, un de nos membres associés étrangers, conç
pensée d'instituer en Allemagne une association sinon
blable, du moins analogue à la nôtre. Les anthropolog
allemands, dispersés dans de nombreuses universités, ét
trop éloignés les uns des autres pour pouvoir comme no
réunir fréquemment et travailler en commun ; ce ne fut
pas dans une société permanente, mais dans des co
annuels que Wagner entreprit de centraliser les travaux
thropologiques de ses compatriotes. Son idée fut acc
avec empressement par notre illustre collègue de Sain
tersbourg, M. de Baer, qui représente avec tant d'éclat,
l'empire des czars, la science allemande. Une première
sion eut lieu à Gœttingue au mois de septembre 1861. El
consacrée surtout à l'organisation des congrès futurs,
détermination des programmes et à la discussion des pro
crâniométriques. Il fut décidé que la seconde session se
drait encore à Gœttingue, et que les sessions suivantes aur
lieu tour à tour dans les principales villes de l'Allema
Une exposition de crânes, empruntés aux divers musée
l'Europe et appropriés aux questions à l'ordre du jour, d
fournir chaque fois une base anatomique aux discussion

Le congrès, en se séparant, s'était pour cette fois ajo
à deux ans ; malheureusement la maladie de Wagner,
devait préparer et présider la session de 1863, nécessita
nouvel ajournement d'une année, et sa mort, qui surviat
mai 1864, rendit cet ajournement indéfini. Mais l'année
vante, l'association des anthropologistes allemands se ré
sous une nouvelle forme, et il y a quatre ans, à pareil j
pendant que notre Société fêtait dans un banquet frate
son sixième anniversaire, un télégramme daté de Franc
sur-le-Mein lui annonça la fondation des *Archives allema
d'anthropologie* (*Archiv für Anthropologie, Zeitschrift für
turgeschichte and Urgeschichte des Menschen*). C'est dans
important recueil, où prédominent les mémoires relatifs
crâniologie et à l'anthropologie préhistorique, que nos
frères allemands ont publié la plupart de leurs recherches

Mais c'est surtout en Angleterre qu'a retenti le signal d
par la Société d'anthropologie de Paris. La Société ethn
gique de Londres poursuivait doucement ses travaux, lors
la lecture de nos publications fit naître dans son sein le d
d'ajouter, à l'ancien programme de l'ethnologie, celui
l'anthropologie moderne. Mais les membres les plus influ
de cette Société, voulant rester fidèles à un passé qui da
déjà de vingt ans, résistèrent à l'invasion de l'anatomie e
l'histoire naturelle, et, après d'assez longs tiraillements, i
produisit une scission qui aboutit à un démembrement.

Le 24 février 1863, les membres dissidents fondèrent, s
la présidence de M. James Hunt, une nouvelle société qui p
à l'instar de la nôtre, le nom de *Société d'anthropologie*. Gr
à l'activité infatigable de son président, grâce à l'intérêt p

(1) Aujourd'hui la science de l'homme compte en Allemagne
organe de plus, le *Journal d'ethnologie* (*Zeitschrift für Ethnolog*
publié à Berlin depuis le 1er janvier 1869.

des questions auxquelles elle ouvrait sa tribune, la é d'anthropologie de Londres conquit immédiatement rande place dans la faveur publique, et obtint un tel , qu'en peu d'années le nombre de ses membres ordi- dépassa le chiffre de 800. Non contente de publier e nous des Bulletins annuels et des Mémoires origi- elle constitua dans son sein un comité chargé de tra- et d'éditer en langue anglaise les principaux ouvrages opologiques publiés sur le continent. En même temps provoqua la fondation d'un journal trimestriel, la *anthropologique* (*Anthropological Review*), dont le sep- volume est déjà sous presse. Ces publications multiples épandu dans toute l'Angleterre le goût des études an- ologiques. Nulle part notre science ne compte un aussi nombre d'adeptes, et déjà nous savons que les anthro- stes de Manchester se sont trouvés assez nombreux pour r dans cette ville une seconde Société d'anthropologie, t comme une succursale de celle de Londres. C'est si, il faut bien le dire, l'ardeur de nos confrères an- a été vivement stimulée par l'excitation de la lutte. La Société ethnologique n'a pas vu, sans inquiétude, gran- ses côtés une société rivale, qui tirait toute sa force de npressement à suivre les voies nouvelles, et qui, n'ayant ssé pour cela de parcourir les voies anciennes, attirait à ne grande partie des travaux relatifs à l'ethnologie pro- nt dite. Affaiblie un instant par cette dérivation puis- la Société ethnologique redoubla d'efforts, et comprit t la nécessité d'agrandir à son tour son programme. nnée dernière, à la mort de son président, le vénérable hn Crawfurd, elle lui a donné pour successeur le profes- Thomas Huxley. Rien ne pouvait être plus significatif choix de ce savant, qui doit sa légitime renommée à ses x de zoologie, d'anatomie comparée et de crâniologie, s'est signalé particulièrement à l'attention des anthro- stes par la publication de son célèbre ouvrage d'anthro- e zoologique intitulé : *La place de l'homme dans la nature nce as to Man's place in Nature*, Londres, 1863, in-8°). nais la Société anthropologique et la Société ethnolo- de Londres ne diffèrent plus que de nom ; toutes deux même but, la même méthode, le même programme, s ont beaucoup de membres communs ; aussi a-t-on pu r un instant qu'une entente réciproque amènerait la des deux Sociétés : aucune d'elles, toutefois, n'a voulu cer à son nom ; la lutte qui s'était allumée depuis plu années entre les *anthropologistes* et les *ethnologistes* n'a eindre tout à coup, et la scission s'est maintenue. Mais eterre est un assez grand pays, elle possède un assez nombre de savants, pour que ces deux Sociétés vouées êmes recherches puissent y prospérer ensemble ; et si llon de la rivalité redouble l'activité de chacune d'elles, nce ne pourra qu'y gagner.

dant que la France, l'Allemagne, l'Angleterre, concou- aussi puissamment aux progrès de l'anthropologie, les pays de l'Europe ne restaient pas inactifs. Partout, de- Suède jusqu'à la Sicile, depuis le Volga jusqu'au Tage, ants se sont mis à l'œuvre ; l'exploration des anciens aux, des cavernes et des terrains quaternaires, a mis à nombreux crânes humains, et quelquefois des sque- ntiers, dont la date a pu être déterminée et dont l'étude les plus vives lumières sur l'ethnogénie de l'Europe en l, sur celle de chaque contrée en particulier. Partout rtance de ces recherches a fait naître le désir de les centraliser ; et votre secrétaire général a reçu plusieurs fois, depuis quatre ans, des demandes de renseignements qui lui étaient adressées par des groupes de savants désireux de fonder dans leur pays des sociétés semblables à la nôtre. Mais une société permanente, consacrée à une science aussi neuve, ne peut s'établir que là où existe déjà un centre scientifique reconnu, et les difficultés que nous-mêmes, à Paris, nous avons rencontrées à nos débuts, peuvent nous donner une idée de celles qui ont jusqu'ici fait ajourner des tentatives faites dans des conditions bien plus défavorables. Deux fois seulement, à Moscou et à Madrid, ces tentatives ont abouti.

A Moscou, on a dû se contenter d'instituer, en 1866, dans le sein de la *Société des amis de la nature*, sous la direction de M. Démétrius Sontzoff, une section spéciale d'anthropologie ; mais cette section fonctionne comme une société distincte, et publie séparément ses travaux. Disposant de sommes considérables, grâce à la générosité de plusieurs donateurs, et particulièrement de M. Daschkow, directeur du Musée de Moscou, la *Section d'anthropologie* a pu organiser à Moscou une grande exposition en 1867, fonder un musée important, et instituer plusieurs prix, entre autres un prix de 5000 roubles (17 000 francs) décerné à l'auteur du meilleur mémoire anthropologique sur l'une des nombreuses populations de l'empire russe. Les matériaux de ces mémoires doivent être recueillis conformément aux *Instructions générales* que vous avez publiées et qui ont été traduites en langue russe. La section d'anthropologie a déjà fourni des contributions importantes à la crâniologie ancienne ou moderne et à l'ethnologie de la Russie, et tout permet de compter sur son avenir.

A Madrid, c'est une véritable Société d'anthropologie qui a été fondée en 1865, à l'instigation de mon excellent ami le professeur Velasco, et avec le concours actif de notre associé étranger M. Delgado Jugo. Mais ces honorables collègues avaient compté sans l'ulcère qui rongeait alors leur pays. Pourtant tout semblait d'abord aller à merveille ; près de deux cents adhésions étaient déjà recueillies, le travail préparatoire était terminé, le bureau nommé, les formalités remplies. La reine avait gracieusement octroyé son autorisation, et le ministre du progrès, — tel était son nom, — avait bien voulu honorer de sa présence (le 5 juin 1865) la séance solennelle d'inauguration. Ce fut seulement lorsque la Société voulut se mettre à l'œuvre que les difficultés commencèrent. La première question mise à l'ordre du jour était celle des races aborigènes de la Péninsule, question malsonnante, imprudente, sentant l'hérésie, car le seul nom d'aborigènes était gros de controverses, et la sœur Patrocinio n'était pas plus disposée à laisser discuter le monogénisme, que le père Claret à tolérer le plus petit doute sur la date biblique de la création du monde. Une certaine presse, — dont on pourrait peut-être, en cherchant bien, trouver l'analogue en France, — demanda violemment ce que signifiait, dans un pays catholique, la fondation d'une Société d'anthropologie ? Un député des cortès interpella même le ministre du progrès sur sa coupable complaisance pour les libres penseurs. A ces symptômes menaçants, nos confrères de Madrid comprirent qu'ils étaient peut-être libres de penser, mais qu'ils étaient autorisés à se taire, et qu'il ne leur restait pour écrire d'autre liberté que celle dont parle Figaro ; ils se réunissaient de temps en temps en petit nombre dans le musée du professeur Velasco, mais point de séances publiques, et surtout point de chose imprimée ! Il n'a fallu rien moins que la révolution de septembre pour les mettre en possession de leur droit. Le 21 février dernier,

réunis pour la seconde fois en séance inaugurale, ils ont commencé leurs travaux. Nous attendons avec impatience leurs premières publications. Les fouilles déjà nombreuses pratiquées depuis quelques années en Espagne et en Portugal, soit dans les sépultures de l'âge de la pierre polie, soit dans les terrains quaternaires, fourniront ample matière à leurs discussions, et bientôt sans doute la question des races aborigènes de la Péninsule hispanique marchera vers sa solution.

La rapidité avec laquelle les sociétés et les associations anthropologiques viennent de se multiplier en Europe est l'indice le plus sûr de l'importance des études que nous poursuivons. Mais il reste encore beaucoup de savants qui n'ont pu réussir encore à organiser dans leurs pays le travail en commun, et qui seraient condamnés à l'isolement si la création des congrès internationaux d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques n'était venue leur fournir la tribune qui leur manque. C'est notre collègue, M. Gabriel de Mortillet, qui a pris l'initiative de cette institution féconde. Dans la session de la Société des sciences naturelles qui eut lieu à la Spezzia, au mois de septembre 1865, sous la présidence du professeur Capellini, M. de Mortillet proposa à la section antéhistorique la fondation d'un *Congrès international palæoethnologique*. Cette proposition fut adoptée; et l'on décida que la première session du congrès aurait lieu en septembre 1866, à Neufchâtel, sous la présidence du professeur Desor. Le Congrès de Neufchâtel décida à son tour que la seconde session aurait lieu à Paris en 1867; il en confia la présidence à M. Lartet, et chargea une commission parisienne d'organiser et de réglementer les congrès futurs. Cette commission, où figuraient un grand nombre de membres de notre Société, crut devoir modifier le titre du congrès, et lui donner le nom de *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques*. Vous n'avez pas oublié, messieurs, cette importante session du mois d'août 1867, qui coïncida si heureusement avec l'Exposition universelle, et où la plupart des pays de l'Europe et de l'Amérique eurent leurs représentants. La troisième session a eu lieu au mois d'août dernier, à Norwich, sous la présidence de sir John Lubbock; la quatrième aura lieu cette année même à Copenhague, sous la présidence de M. Worsae, et désormais la durée de cette utile institution n'est plus douteuse.

Les sociétés savantes, les journaux spéciaux, les congrès, qui ont vu le jour depuis dix ans, ont été sans aucun doute les principaux agents des progrès des connaissances anthropologiques; mais telle est aujourd'hui l'importance de ces études, qu'elles pénètrent partout. De nombreux documents, dont nous nous empressons de profiter, sont recueillis chaque jour par les Sociétés de géographie de Paris, de Berlin, de Genève; par la Société parisienne d'archéologie et d'histoire, par plusieurs sociétés savantes des départements et de l'Algérie, enfin et surtout par une société qui a plus d'un point de contact avec la nôtre, la *Société d'ethnographie*. Organisée il y a dix ans par les soins de son actif secrétaire perpétuel, M. Léon de Rosny, elle avait d'abord pris le titre de *Société d'ethnographie orientale et américaine*, mais elle a peu à peu étendu ses recherches à tous les peuples, et elle s'est enfin constituée, il y a deux ans, sous le nom plus général de *Société d'ethnographie*. L'ethnographie, telle qu'elle la comprend, diffère à plusieurs titres de la branche de nos études que nous désignons sous le nom d'ethnologie. L'ethnologie est la *science des races*, qui sont caractérisées par leur type physique ; l'ethnographie est la *science des nations*, et ce qui caractérise une nation, c'est moins le type physique, qui peut être fort disparate, que l'ensemble des aptitudes intellectuelles et morales, et le lie mun du langage, des croyances et des mœurs. L'ethnog et l'ethnologie établissent donc souvent dans l'humani groupes tout à fait différents, mais souvent aussi la c ristique de la nationalité et celle de la race coïncident manière remarquable, et alors chacune de ces deux sc trouve dans l'autre un précieux appui. Il est donc à d messieurs, que des relations de bon voisinage s'établissen notre Société et la Société d'ethnographie. Ici, en effet, r peut servir de prétexte à ces rivalités qui divisent au d la Manche les ethnologistes et les anthropologistes, aux mêmes travaux. Ce que nous étudions principal au point de vue de l'histoire naturelle de l'homme, la S d'ethnographie l'étudie principalement au point de v la physiologie et de l'histoire. Il peut sans doute en r parfois des conclusions contradictoires, mais il n'y a r qui puisse nous diviser.

J'ai essayé, messieurs, de vous présenter l'histoire du vement rapide qui depuis dix ans s'est produit dans la s anthropologique. Au lieu de quelques pionniers isolé compte maintenant ses travailleurs par phalanges. — que de découvertes n'a-t-elle pas vues s'accomplir ! O dire sans aucune exagération qu'elle a fait plus de p dans cette seule période qu'elle n'en avait fait depuis s gine. L'antiquité de l'homme démontrée, reculée jus temps paléontologiques, l'existence de l'homme quate rendue absolument certaine, celle de l'homme tertiai venue extrêmement probable; la succession des époqu se compose l'âge de pierre déterminée scientifiquem fournissant, pour cette histoire fossile, une chronologie lière; l'homme des cavernes découvert, décrit, mesur voilant à nos yeux son industrie si variée et ses arts si su nants; la multiplicité des races autochthones consta l'ostéologie; l'ethnogénie de l'Europe débrouillée; l'eth gie enrichie; l'anthropologie générale constituée; la c logie perfectionnée, régularisée, rendue précise par l' des procédés géométriques; la méthode des moyennes tée à la méthode de l'observation individuelle; l'an comparée de l'ordre des primates développée et p complétée : tels sont les résultats les plus généraux q signalé cette période décennale.

Vous n'attendez pas de moi, messieurs, l'exposé anal de tant de progrès et de tant de découvertes. Nous nou mes efforcés, M. Dally et moi, dans nos comptes rendus naux, de vous en présenter l'histoire détaillée et de re chacun sa part. Ce que j'ai voulu vous retracer ici, ce plus l'œuvre individuelle, c'est l'œuvre collective. J'ai vous montrer le rôle que notre Société a rempli, l'infl qu'elle a exercée sur l'évolution des études anthropolog Et maintenant préparons-nous à reprendre le cours travaux et de nos libres discussions; continuons nos r ches avec persévérance, afin que la nouvelle décade qui mence aujourd'hui soit aussi féconde que la précéden pour hâter l'avénement du jour où le fabuliste n'aura p droit de dire de l'homme :

> Il connaît l'univers, et s'ignore lui-même.

PAUL BROCA,
Secrétaire général de la Société d'anthropol
professeur à la Faculté de médecine de Paris

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLI

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE NUMÉRO 34 24 JUILLET 1869

Paris, 23 juillet 1869.

semaine a vu s'accomplir un événement qui présente s une grande importance pour l'enseignement supé- n changement de ministre. M. Duruy abandonne la n de l'instruction publique et entre au Sénat.

ant toute la durée de son administration, M. Duruy ontré aussi libéral qu'il était possible de l'être au mi- dans les conditions actuelles. Il a eu le rare mérite de er activement des services confiés à ses soins et tous vent quelque amélioration importante. Nous n'avons arler ici de la création de l'enseignement secondaire nes filles, de l'enseignement secondaire spécial et des rimaires et secondaires pour les adultes, de la sup- n de la bifurcation, du rétablissement de la philo- et de l'introduction de l'histoire contemporaine, sur- e l'histoire économique, dans l'enseignement secon- etc., enfin de tant d'autres mesures qui ne rentrent ns la sphère de la *Revue des cours scientifiques*.

eignement supérieur des sciences, qui était pour lui toute nouvelle, lui doit pourtant beaucoup plus qu'à de ses prédécesseurs. Aux prises avec les misères d'un toujours sacrifié à ses puissants voisins, il a su en tirer e ressources pour améliorer bien des traitements, fon- sieurs chaires, instituer de nouveaux cours, subven- des travaux scientifiques, créer ou doter plusieurs la- res. Il est parvenu surtout à intéresser l'opinion ue et même tous les corps de l'État aux grands travaux iques, aux hommes qui les accomplissent et qui sou- sacrifient : car ils sont très-loin de trouver encore en la position et les moyens matériels d'étude que l'Alle- , l'Angleterre et les États-Unis ont su leur donner de- ngtemps. Aujourd'hui le fruit est mûr, l'opinion pu- est conquise et il est certain qu'on ne tardera pas à faire ge part à l'enseignement supérieur, surtout à l'ensei- nt des sciences. Les efforts de M. Duruy auront beau- ontribué à préparer cet heureux résultat qu'il est déjà de prévoir.

i en son œuvre a été le trait saillant de M. Duruy pen- ut son ministère ; elle ne l'a pas toujours préservé de es erreurs, — qui n'en commet pas ? — mais c'est elle qui spiré cette incessante ardeur au travail que ses ennemis point parvenus à ridiculiser, et c'est elle aussi qui l'a u dans bien des circonstances difficiles, au milieu de sions forcées et de luttes incessantes.

causes générales qui ont amené la démission des ministres semblaient, au contraire, devoir consolider uy, qui était bien plutôt l'homme de la situation nouvelle que de la situation ancienne. Il n'en a rien été. On a eu le tort, dans une partie de la presse, de vouloir faire retomber sur M. Duruy la responsabilité de quelques mesures fort mal reçues par l'opinion, notamment de cette déplorable métamorphose agronomique du Muséum d'histoire naturelle qui doit rester exclusivement à la charge de ceux qui l'ont instamment réclamée et ardemment exécutée.

La *Revue des cours scientifiques* est loin d'avoir jamais participé aux faveurs ministérielles qu'elle ne recherche pas et dont elle n'a pas besoin. C'est ce qui lui donne peut-être en cette circonstance une autorité particulière pour constater les regrets qu'excite presque partout la retraite de M. Duruy et pour s'y associer énergiquement. Il lui est même permis d'espérer que cet exil ne sera pas sans retour.

— Un des derniers actes de M. Duruy avant de quitter le ministère, a été de désigner pour la décoration M. Gernez dont nos lecteurs connaissent les intéressants travaux notamment sur les solutions sursaturées (voy. notre tome IV, page 218, 2 mars 1867).

— M. Fleeming Jenkin, dont nous publions aujourd'hui une leçon, est un des ingénieurs électriciens chargés de la pose du câble transatlantique français. Il est à bord du *Great-Eastern*, qui vient d'immerger la section de beaucoup la plus importante de ce câble, celle qui va de Brest à l'île Saint-Pierre, près Terre-Neuve. Cette entreprise importante promet d'aboutir, d'ici quelques jours, à un complet succès ; elle a pu profiter de l'expérience acquise dans les différents essais du câble transatlantique anglais qui a donné lieu à d'importantes recherches scientifiques (voyez surtout dans notre tome V, pages 65, 71 et 89, 4 et 11 janvier 1868, des lectures de sir W. Thomson et de M. C. F. Varley).

— Après deux années d'entr'acte, la discussion sur la vaccine a été reprise à l'Académie de médecine de Paris, par un éloquent discours de M. Jules Guérin, qui n'a pas duré moins de trois séances. M. Depaul promet de se contenter d'une séance entière pour lui répondre. Faut-il continuer à user de la vaccine humaine, telle que l'a instituée Jenner, ou faut-il au contraire lui substituer la vaccination animale ? Telle est la question qui passionne l'Académie de médecine depuis qu'elle a été mise à l'ordre du jour par divers faits de transmission de la syphilis avec la vaccine qui sont venues troubler, il y a quelques années, les théories syphiliologiques alors universellement acceptées. Ce réveil d'une controverse qui a soulevé bien des orages appela sans doute l'attention sur la conférence que M. Lanoix, un des plus actifs propagateurs de la vaccine, doit consacrer à la *vaccination animale* lundi prochain 26 juillet, à quatre heures, dans l'amphithéâtre des cours libres de la Sorbonne, rue Gerson. E. A.

COLLÉGE DE FRANCE

COURS DE M. PHILARÈTE CHASLES

Galilée et Baliani (1)

DOCUMENTS NOUVEAUX SUR LA VIE ET LA VIEILLESSE DE GALILÉE. SIX LETTRES INÉDITES (1613-1639).

Jean-Baptiste Baliani était un Génois qui, au commencement du XVIIe siècle, abandonna le vieux drapeau d'Aristote et de *sa docte cabale*.

Il se mit à observer la nature, essaya de déterminer les lois physiques du mouvement; enfin, aux hypothèses péripatéticiennes, il préféra la vérification et l'analyse, l'histoire naturelle, les sciences exactes; — ces études positives et mathématiques dont Galilée a été le grand initiateur, sinon le héros courageux, du moins le martyr immortel. Lié avec Philippe Salviati, ami de Galilée, Baliani désira entrer en correspondance régulière avec le philosophe qui habitait Florence. La pesanteur de l'air, celle des liquides et le problème des taches solaires, que Galilée avait éclairci avec une merveilleuse justesse de pressentiment, occupaient Baliani et Galilée.

Salviati écrivit donc à ce dernier pour lui recommander le mathématicien génois, qui (disait Salviati) « se moquait d'Aristote et de tous les péripatéticiens, et ne philosophait que sur la nature ». Ce sont les propres paroles de Salviati.

Dès l'année 1613, c'est-à-dire près de trente ans avant sa condamnation et son internement, Galilée, qui très-souvent s'exprime de même, était devenu une sorte de porte-drapeau des Gassendistes, des Sarpistes, plus tard des Molière, plus tard encore des esprits-forts et des *positifs*;—situation neuve, d'autant plus étrange qu'il n'avait pas cessé d'être catholique sincère, d'accomplir toutes les pratiques du croyant et de professer le plus loyal respect pour la papauté et la hiérarchie. Jésuites et ultramontains purs ne se contentaient pas de ce respect. Le général de l'ordre prohibait toute critique d'Aristote, anathématisait Copernic, et, au nom de l'Église, enjoignait à ses subordonnés l'apologie des théories péripatéticiennes. Non-seulement il y avait fusion absolue entre les opinions aristotéliques et les dogmes catholiques du temps, mais la guerre était déclarée entre les deux armées, celle des moines, des jésuites, des Romains, et celle des savants, des Génois, des Vénitiens.

Venise venait d'expulser les jésuites, qui ne rentraient dans le domaine de la Seigneurie que le soir, sous le masque, y conspiraient, faisaient des rois, défaisaient des papes. La situation était dramatique et la crise très-violente.

En recommandant Baliani au philosophe naturaliste, Salviati a soin d'indiquer que le nouvel adepte mérite confiance; dans sa lettre à Galilée, il rassure ce dernier sur le caractère et la bonne foi de Baliani, qui n'est pas un « faux frère », mais un partisan loyal de la cause philosophique. Galilée peut lui parler librement et se débarrasser des précautions et des ambages de la politesse vulgaire. En effet, Galilée, dans la lettre suivante adressée à son nouveau disciple, ne dissimule point son hostilité contre les jésuite
sa situation vraie; — c'est celle de chef de secte.

Il n'est point le promoteur d'une conspiration active,
mée contre l'Église; le prétendre, serait une exagéra
mensongère. Ce qu'on ne peut nier, c'est qu'il avait
grande valeur sociale et doctrinale; les anti-péripatétic
le regardaient comme leur maître, les ultramontains co
un redoutable ennemi. Dès 1613, le centre de ce mouve
qui emporta plus tard l'Europe intellectuelle vers les ét
positives, et la détacha des vieux dogmes, c'était Galilée.

PREMIÈRE LETTRE INÉDITE A BAPTISTE BALIANI (1).

Seigneur très-illustre,

Le seigneur Philippe Salviati m'apprend dans ses dernières l
que vous désirez connaître ce que j'ai écrit sur les taches du sole
vous l'envoie, bien que ce soit une lecture assez vulgaire et peu
de vous. Vous reconnaîtrez que celui qui a écrit contre moi (1) m
pas donné occasion d'être fort exquis (*sottilizare*) dans les d
Peut-être, à la première occasion, traiterai-je encore de ces mat
et j'y apporterai plus d'exactitude. J'ai appris, il y a peu de jour
le même seigneur, que vous avez lu mon petit traité écrit, comme
avez pu vous en apercevoir, incidemment :— « *Des objets qui se*
tiennent sur l'eau (*corps flottants*). » On m'a dit que ce
points de ce traité ne vous satisfont pas entièrement. Je vous supp
m'en faire part; et je vous assure que j'attacherai un plus grand
à la critique de ce qui ne vous aura pas plu qu'à votre assentime
à vos éloges; la première devant m'être utile et non les second
fait part au même seigneur de l'un des procédés que j'emploie
peser l'air, afin qu'il vous le communiquât; mais comme j'igno
ne sera pas parti avant l'arrivée de ma lettre, je vous prie de
avertir; j'y suppléerai par une nouvelle lettre.

Le seigneur Philippe, auquel j'ai communiqué la plupart de
conceptions philosophiques, me dit que vos spéculations se rappro
beaucoup des miennes. Je ne m'en étonne pas; nous *étudions le*
livre (la nature) et *nous avons les mêmes bases* (les faits posit
Il me reste à me mettre à la disposition de Votre Seigneurie, ce
je fais en toute sincérité et très-affectueusement; je vous prie
agréer l'expression et de vouloir bien y répondre en me commu
quelques-unes de vos pensées. Ce sera pour moi une grâce singu

Après quoi je vous baise les mains, ainsi qu'à mon vieux patron
Baptiste Pinelli. Enfin j'invoque le Seigneur Dieu pour qu'il vou
corde toute félicité.

Florence, 25 janvier 1613.

Galilée fait donc école : il a ses disciples; on le cons
on lui demande son avis; et il répond à ses adeptes
cette finesse onctueuse de la vieille civilisation italienn
fait comprendre à demi-mot l'injure et l'éloge et garde
que chose de passionné sous l'élégance. Son style est s
tiste, très-difficile à traduire; ses subtilités sont voilées,
échappent souvent, et il faut lire « entre les lignes ».

La réponse de Baliani, qu'on peut trouver dans le
tième volume de l'édition de Venturi, est curieuse. Il s
clare son disciple dévoué, et lui demande diverses solu
relatives aux taches solaires et à la pesanteur de l'air.
ce que répond Galilée :

SECONDE LETTRE INÉDITE AU MÊME SEIGNEUR BALIANI.

Avant de répondre à votre chère lettre, je dois vous offrir mes ex
d'avoir tant tardé. J'ai été depuis longtemps en proie à diverses i
positions qui m'ont accablé plus que jamais. Elles viennent en g
partie de la fatigue que j'éprouve en écrivant; cela m'est infini
nuisible et me force à prendre souvent avec mes patrons et amis d
bertés dont je ne m'aviserais pas si j'étais en meilleur état de s

(1) Les documents suivants, que M. Philarète Chasles a rapportés d'Italie, et qui sont dus aux recherches du P. Sacchi, doivent être considérés comme une annexe aux trois leçons faites au Collége de France par le professeur, en 1867 et 1868, et publiées dans la *Revue des cours littéraires*, quatrième année, 1867, page 307.

(1) Le jésuite allemand Christophe Scheiner. Son livre contre
lée a pour titre : *Il finto Apelle*. Scheiner l'injurie et le désigne co
un « faux artiste »; *un feint* (*finto*) « grand homme », un A
« de contrebande ». Scheiner prétend que les *taches* du soleil so
petits globes, et que Galilée est idiot.

ıc me pardonner si je vous ai fait attendre, et si aujourd'hui bref que je ne le voudrais.
·ends grâce d'avoir pris la peine de lire mes lettres et mon nt aux taches du soleil, je n'aurais pas la témérité de me ıffirmativement. Sans doute on peut dire qu'elles ressem- taches ordinaires, à des taches telles que nous les connais- il ne faut point affirmer un fait, quand il est question de ce ısembler à mille autres objets; j'ajoute qu'il y a mille cho· vent nous être très-inconnues. *Quant aux petites places ıuses*, il est moins facile de les observer que les taches; et ›it pas souvent de très-apparentes. *Il me semble bien que ue du soleil se montre à moi comme hétérogène*, pour ainsi ıme enveloppé — d'un nuage subtil de transparence iné- à ce que j'ai écrit à la page 51, en vérité je n'ai pas eu le dire que si la couche atmosphérique était immobile, elle aucun obstacle au corps solaire qui accomplit sa révolution ıe; mais je pensais dire qu'étant admis que l'atmosphère ur du soleil, ce dernier serait entraîné par la rotation. ı bonté de revoir ce passage; peut-être y retrouverez-vous je vous indique, lequel n'a rien d'improbable, tandis que ·éellement erroné. Quant à la substance des étoiles, je fais différence entre les étoiles fixes et les étoiles errantes, et ur certain que les étoiles fixes sont lumineuses par elles- si que je crois pouvoir affirmer que les planètes reçoivent ɜ du soleil. Quant aux étoiles fixes, leur splendeur étant ;, je ne crois pas qu'elles puissent apparaître transparentes

ınce *intérieure des planètes pourrait être diaphane*, mais il ● nécessairement que *leur surface est rugueuse* : précisé- ·ugosité fait paraître opaque à nos yeux n'importe quelle ısparente : ainsi, pour ce qui nous concerne, je ne crois pas isse comprendre ces corps autrement qu'*opaques* autant ● : et puisque jusqu'ici aucune raison n'est venue nous dé- ils étaient essentiellement diaphanes, et rendus opaques la rugosité de leurs surfaces, nous devons les juger et les ıes.
ıs encore observé *la nouvelle étoile du Cygne* : je le ferai ı je serai en état de supporter l'air de la nuit, qui pour le est très-pernicieux. Quant à l'*opinion de Copernic*, je la ıent CERTAINE, non-seulement à cause des seules observa- ıs, des taches du soleil et des taches médicéennes, mais ıs autres raisons qu'allègue Copernic, et pour plusieurs au- à *moi particulières*, qui me semblent concluantes.
ırs cru que la matière céleste est très-ténue et n'offre au- nce, n'ayant jamais trouvé la moindre force dans les rai- qu'on avance pour prouver le contraire. — *Pour ce qui pinion de Tycho-Brahé*, il me reste de grandes difficultés et ce sont les mêmes qui m'éloignent de Ptolémée, tandis pernic je ne trouve *rien* qui m'inspire le moindre scrupule, ırsistance de Tycho, et ses arguments contenus dans quel- ı ses lettres contre la mobilité de la terre.
ı de faire de la chaleur au moyen du fer m'a semblé admi- regarde le procédé comme très-ingénieux. Je m'en occu- lontiers quand vous aurez pris la résolution d'en faire part

ır l'air, je prends un ballon de verre AB, grand environ te d'un homme, ballon qui soit étranglé vers le col comme ı'on puisse y lier solidement un *dé* de cuir CD qui ait vers e soupape de ballon bien fermée, par laquelle, au moyen ıe, je remplis d'air le ballon AB que j'ai tout d'abord pesé nce exacte, après avoir fortement comprimé l'air, qui, upape, reste emprisonné. Je pèse de nouveau le ballon en ː trouve sensiblement plus lourd. Je mets de côté le poids jouter, qui se trouve être le poids de l'air étranger; et pour ı'il ne s'en perd pas, je mets un peu d'eau dans le ballon toujours avec le goulot renversé, je m'assure que l'air ne ır il chasserait l'eau, et je la verrais tomber goutte à

e maintenant à mesurer l'air étranger. Pour cela faire, je utre ballon de verre EFG, ayant le col étranglé en F, une ure en G, et dont le goulot soit très-étroit vers la fin, e voit en E, où l'ouverture est très-étroite. Je lie ce nou- dans la partie inférieure D du *dé*, de telle sorte que la trouve en face de la soupape; et, après l'avoir solidement ı la pointe E contre le couvercle qui serre la soupape; et, ·te, l'air comprimé dans le vase AB chasse impétueusement utre vase par l'ouverture G et continue à en chasser un vo- lume égal à celui de l'air qui sort du vase AB : cela constitue toute la portion d'air comprimé artificiellement. Recueillant ensuite l'eau qui sort de l'ouverture G, je la pèse avec soin, et je détermine de combien son poids dépasse celui de l'air pesé dans le premier vase. Autant que je puis me le rappeler, l'eau pèserait à peu près quatre-vingts fois plus; mais je n'en suis pas sûr. On peut réitérer plusieurs fois l'opération, afin d'acquérir une certitude absolue.

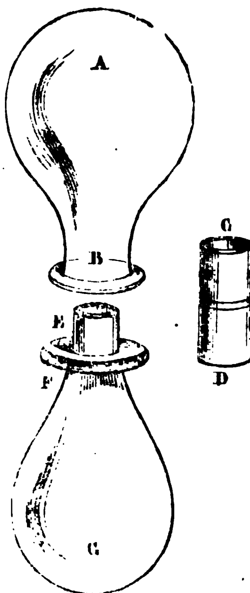


FIG. 62 et 63.

Je prie de nouveau Votre Seigneurie de pardonner ma façon d'écrire laconique, car je ne puis m'étendre, conformément à mon désir et à mon devoir. Commandez-moi et conservez-moi votre précieuse amitié et celle du seigneur Pinelli. A tous deux, je baise les mains, et je prie Dieu qu'il vous donne félicité.

De Florence, le 12 mars 1613. GALILEO GALILEI.

On voit, en lisant cette importante lettre, combien l'observation pure et l'induction sagace avaient déjà rapproché Galilée des points acquis et vérifiés par les théories modernes; il avait pressenti ce qu'on sait aujourd'hui sur l'atmosphère du soleil. Les hommes compétents en ces matières apprécieront et détermineront mieux que je ne puis le faire ses progrès ou ses insuffisances en hydrostatique. Quant au système de Copernic, Galilée déclare résolûment que c'est le seul acceptable, le seul raisonnable; dès l'année 1613, les vues de Tycho-Brahé, de Ptolémée et d'Aristote sont condamnées sans réserve par Galilée. Plus tard, en 1641, lorsqu'il affirmera que les *observations* et les *conjectures* de Copernic sont insuffisantes (*stimo inefficienti*), il cédera donc à la crainte. Cette pression odieuse dont il est l'objet l'aura vaincu; et l'on ne pourra s'empêcher de regarder comme au moins inutile une déclaration pareille. « C'est là une ironie « *finissima* », disent ses défenseurs (1) ». Hélas! oui; elle est trop fine pour ne pas être faible. « Galilée, ajoutent-ils, a soin de placer les systèmes de Ptolémée et de Tycho au-dessous de celui de Copernic! » Sans doute. Mais elle est bien dangereuse cette dextérité, qui, au lieu de défendre la vérité, la confond avec le mensonge. Annuler à la fois et Copernic et Ptolémée! Galilée, pensionnaire de la cour de Rome, ménageait les cardinaux. Je le sais. Je blâme l'état social servile, qui développe

(1) Voyez P. Sacchi, p. 165.

les faiblesses de cette âme bienveillante et amortit cette intelligence incomparable.

Baliani, heureux de recevoir les communications de son maître, se hâte de répondre :

LETTRE DE BALIANI EN RÉPONSE A LA DEUXIÈME LETTRE DE GALILÉE.

Quoique votre lettre m'ait fait beaucoup de plaisir, je n'en ai pas moins ressenti beaucoup de chagrin en apprenant que vous étiez souffrant : il serait pourtant juste que des hommes comme vous jouissent d'une très-longue vie et d'une bonne santé, pour que le monde puisse longtemps profiter de leurs merveilleux travaux.

Je répondrai brièvement à cette très-chère lettre. Et d'abord j'ai été très-satisfait de vos réfutations de mes arguments. Je les avais mis en avant bien plutôt pour recevoir de vous quelque instruction que pour tout autre motif. Je savais d'avance que vos lettres ne pourraient rien contenir que d'excellent. Depuis l'époque où j'ai écrit à Votre Seigneurie, je ne possède plus vos lettres, si remplies de savoir et de nouveauté, parce que je n'ai cessé de les communiquer *à celui-ci, à celui-là*. Vous savez qu'il y a à Gênes beaucoup de curieux des *sciences mathématiques* et particulièrement de vos ouvrages.

Vous ne me répondez pas sur un point de ma lettre : je vous demandais s'il ne pourrait pas se faire que les changements subis par les taches du soleil influassent sur les variations de la température. En effet, les derniers jours de mars ont été plus froids et plus nébuleux que cette époque de l'année ne paraissait le comporter, et, bien que l'on puisse attribuer ce résultat à la conjonction de Saturne et du Soleil, il n'en n'est pas moins vrai que les taches aperçues à la surface de cet astre se sont montrées plus nombreuses et plus denses que pendant le mois de janvier.

Votre ingénieuse manière de peser l'air m'a été très-agréable ; et puisque Votre Seigneurie désire que je lui apprenne le moyen de cuire quelque chose sans feu, je vous dirai que j'ai fait faire un vase de fer avec fond plat, rond, d'un diamètre égal à peu près à une palme; un autre de fer également plat et rond, du même diamètre. Le fond du vase, parfaitement immobile, est posé sur ce fer que je fais tourner rapidement au moyen d'une grande roue ou d'une eau courante : par le frottement les deux fers s'échauffent, au point que ce qui a été placé dans le vase s'échauffe aussi et parvient même à cuire l'objet soumis à cette opération.

Pour le moment, je termine en baisant affectueusement les mains à Votre Seigneurie, lui souhaitant prompte et longue santé. Aussitôt que je verrai le seigneur Pinelli, je lui ferai vos recommandations.

BALIANI.

Voilà le fait authentique : on se communiquait les lettres de Galilée ; on se les disputait ; on les étudiait ici et là. Les *curieux de mathématiques* (*curiosi di cose di matematica*) étaient, dit Baliani, fort nombreux à Gênes, pays de négoce et de navigation, de vieille indépendance et de liberté d'esprit, où Galilée trouvait des protecteurs et aurait facilement trouvé un asile.

Il ne l'a pas voulu faire. C'était une erreur. Pourquoi donc m'a-t-on reproché si amèrement d'affirmer ce que je répète encore (1) : qu'il était imprudent à Galilée de préférer Florence à Gênes et Rome à Venise ; — les contrées de la hiérarchie et de la discipline, celles de l'obéissance et du dogme immuable, à Venise, Gênes, Leyde, Londres ou même Paris ?

(1) MM. Parchappe (docteur), Trouessart (professeur), Brierre de Boismont (docteur), Th. Martin (recteur), et plusieurs autres hommes distingués et savants, ont commis envers moi, dans l'ardeur d'une polémique presque fanatique et très-excusable en faveur de Galilée, la faute de m'imputer des caricatures que je n'ai point essayées et des assertions qui ne ressortent nullement de ce que j'ai écrit et imprimé ; exagérations, inventions et omissions que je ne leur reproche pas : ce sont des avocats éloquents, qui plaident pour un très-grand homme dans une bonne cause. Mais je leur reproche d'avoir manqué de sens historique dans leur appréciation de la société contemporaine de Galilée ; — et d'avoir blessé le sens moral dans l'effort qu'ils ont fait pour pallier l'horreur qu'inspirent cette société lâche et moisie, cette politique barbare et ces incroyables défaillances qu'une éducation servile impose aux meilleures âmes.

Vivre dans ces pays qui exigent la servitude de l'o
c'est consentir à leur sacrifier son opinion propr
accepter le silence et s'y résigner. C'est abdiquer to
liberté intime.

Galilée ne l'abdiqua jamais : honneur lui soit rend
il s'obstina à rester au milieu de ses ennemis, qui l'obl
à plier. Assurément, c'est une faute. Qui donc a dit
fût un crime ? On lui aurait permis de se livrer obscu
à ses belles études ; « d'*être* (comme dit Cicéron, qui
sous César) *à demi-libre, sous condition de se taire*
cacher ! — « *Abjiciamus ista* (les idées d'indépendance)
liberi saltem simus ! Quod assequemur et silendo et lat
— *Silendo et latendo !* Ténèbres et silence ! Socrate
en mourant qu'il lui fallait la parole et la lumièr
la libre pensée, sans l'analyse et la raison, la vie pour
la mort. Muette, ténébreuse et oisive, elle ne valai
peine d'être conservée.

Mais Galilée n'était pas Socrate, et c'est tout ce q
prétendons.

La correspondance de Galilée et de Baliani, si inté
pour l'histoire du progrès et de la science ; — cett
pondance qui nous montre dès cette époque la chal
mouvement identifiés, et les plus graves solutions e
déjà par les contemporains d'Urbain VIII, — se contin
interruption, de l'année 1613 à l'année 1630. Toutes
tions de l'astronomie, de la statique et de l'hydrost
sont soulevées. La sagacité pénétrante de Baliani
digne de son maître. Tous deux rient d'Aristote et des
anciens ; ils bafouent ensemble la vieille *horreur du*
le *mouvement perpétuel*, et les chimères sur la na
comètes et les visions du jésuite Scheiner. Il arrive
Baliani d'être plus audacieux que Galilée. C'est lui qu
Torricelli, devine le secret de la « pression atmosphé
Problème qu'il résout dans la lettre suivante ; la dé
tion scientifique de sa découverte manque seule à cet
sition (1).

LETTRE DE BALIANI A GALILÉE.

Je viens rarement demander des faveurs à Votre Seigneur
veux pas l'importuner ; mais un doute surgit devant moi, et n
le résoudre, force m'est de recourir à vous, vous priant de l'

Nous voudrions qu'un cours d'eau d'environ deux onces de
traversât une montagne, et pour cela faire, l'eau doit monter
à 85 palmes de Gênes, ce qui équivaut à environ 70 pieds géom
à cet effet, nous avons établi un siphon de cuivre conforme au
joint dans lequel CA est le niveau. (En A on prend l'eau, en B



FIG. 64.

sortir ; en D est l'entonnoir par lequel on remplit le siphon. D
hauteur perpendiculaire au-dessus de laquelle l'eau doit se fa
sage.)

(1) C'est ce que démontre l'ouvrage de M. Gilberto Govi, d
versité de Turin, sur cette matière (Torino, 1867).

t ce siphon ne produit pas l'effet désiré ; au contraire, lors-
rre, tout en ayant bouché l'ouverture supérieure, l'eau sort
côtés ; et si on le ferme d'un côté en ouvrant l'autre, l'eau
lui-ci.
iis admettre que l'eau, en cette occasion, ait à se départir de
étés naturelles. Ainsi, nécessairement, il faut que l'air pénètre
e supérieure, et cependant on ne voit pas comment cela peut

e une autre chose qui me stupéfie : c'est que, ouvrant la bou-
au sort sans que le niveau du côté D soit descendu à peu près
tié environ jusqu'en F ; ensuite elle s'arrête. Je me suis mis à
si le canal ou le siphon avait quelques fissures à travers les-
au ou l'air auraient pu passer sans grande violence.
ons le canal plein et l'eau soumise à une telle pression qu'on
e sortir par les fissures ou pores qui se trouvent à la partie
. Dans ce cas, l'eau pourra monter jusqu'à F sans laisser de
oilà donc arrivée à F, et ce qui reste d'eau dans le canal se
nanquer de la force nécessaire pour pousser l'air. Le canal est
, et, comme je l'ai dit, de deux onces d'ouverture ; il pèse en-
onces par palme, et malgré la diligence qu'on y a apportée, il
ossible d'y découvrir des porosités sensibles.
ılu vous exposer tout ceci, afin que Votre Seigneurie puisse
ment trouver en quoi consiste mon erreur, et qu'elle m'en
Je reste avec le désir que quelque nouveau fruit de votre in-
soit éclos ; et je vous baise les mains affectueusement, en me
tout prêt à recevoir vos ordres, chaque fois qu'il vous plaira
r mon dévouement et mes services.

BALIANI.

pouvait poser plus nettement le difficile problème
ession atmosphérique. Voici la singulière réponse du
son élève.

TROISIÈME LETTRE INÉDITE DE GALILÉE A BALIANI.

bonne lettre m'a causé le plus vif plaisir, parce qu'elle m'a
ue vous me conservez des sentiments que j'apprécie et désire
aut degré. Je regrette beaucoup que vous ne m'ayez pas con-
l'effet du siphon avant d'en faire la dépense ; j'aurais pu vous
r, en vous démontrant ce qui, selon moi, constitue l'impossi-
votre dessein, j'en suis persuadé, par la solution d'un pro-
e je me suis proposé depuis longtemps et qui a réellement quel-
e de miraculeux.
t faire entrer l'eau dans un tuyau ou siphon, par attraction
ipulsion. Par attraction, quand l'appareil (quel qu'il soit) qui
e est posé dans la partie supérieure A du tuyau AB, par lequel
ntrer l'eau, pourvu que toutefois l'appareil d'impulsion soit
bas en B. Quand on voudra chasser l'eau par impulsion, on



Fig. 65.

soulever et la pousser à n'importe quelle hauteur, même de
asses, à condition pourtant que le tuyau soit solide et assez
ne pas se crever. *Mais en s'élevant par attraction, il y a une
déterminée au-dessus de laquelle il est impossible de faire
l'eau d'un seul doigt, même d'un seul cheveu ; il me semble
hauteur doit être d'environ 40 pieds, et je crois même moins.*
use d'un tel effet m'a fort tourmenté avant que j'en fisse l'objet
investigations. A la fin, je fus frappé de l'idée qu'elle ne devait
très-mystérieuse, mais au contraire facile à comprendre ; *et
qui arrive à toutes les découvertes, quand elles sont faites.*

Je sais bien que Votre Seigneurie ne doute pas que si AB était un câble de navire et qu'il fût attaché en A, on pourrait attacher en B un poids tellement lourd, qu'il finisse par le briser ; et cela n'arrivera pas seulement pour du chanvre, mais aussi pour une corde de cuivre, d'acier, même aussi grosse que le bras d'un homme, qui se briserait en y attachant un poids immense.

Mais si les cordes de chanvre et d'acier se brisent en supportant un poids trop considérable, quel doute devons-nous avoir qu'une corde *d'eau* ne se brisât également ? Elle se brise d'autant mieux que les parties de l'eau, en se séparant, n'ont à surmonter aucune autre résistance du vide; il y a là très-grande et très-tenace agrégation des molécules, dont manquent complétement les molécules de l'eau. Le fer AB attaché en A se brise si on lui attache, par exemple, un poids de *cent mille* livres, il ne pourrait pas se supporter par lui-même et se briserait. Si donc (et que ce soit un problème annexé à celui-ci, mais qui n'en est pas moins digne d'être connu), nous voulons savoir jusqu'à quelle longueur on pourrait étendre un fil de fer, de telle sorte qu'attaché par le haut, il se soutienne par lui-même, mais pas pour une longueur plus grande, nous prendrons deux ou trois palmes de ce même fil, qui soit par exemple AB. Nous attacherons en B un poids que nous augmenterons progressivement, jusqu'à ce que le fil AB se brise, et trouvant qu'il s'est cassé par exemple par le poids de *cent mille* livres, et non auparavant, nous dirons : « Tel fil peut soutenir jusqu'à *cent mille* livres de lui-même », et puisque la partie AB est par exemple longue d'un bras, et en la pesant nous trouvons qu'elle pèse environ une once, et les *cent livres* contiennent 1200 onces, le fil AB soutiendra 1200 onces, moins une petite portion de sa propre longueur. Remarquez bien qu'une fois l'expérience faite avec un fil de quelque grosseur que ce soit, la puissance de toutes les cordes de même métal reste démontrée ; de sorte que si par exemple une corde de harpe qui soit de cuivre supporte exactement *dix* livres de poids, et si 10 livres de cette corde sont un fil de 3000 brasses, toutes les cordes du même cuivre de n'importe quelle grosseur se soutiendront elles-mêmes jusqu'à la longueur de 3000 brasses et pas davantage. S'il arrivait qu'une corde fût plus grosse quatre fois qu'une autre, elle serait semblable à quatre cordes plus fines. Il résulte de là qu'elle peut supporter quatre fois le même poids.

En revenant maintenant à votre siphon dans lequel l'eau doit monter par attraction et perpendiculairement jusqu'à la hauteur de 84 palmes, je dis que c'est impossible; car votre corde n'est pas assez puissante, et elle se brise à une longueur bien moindre.

L'inclinaison du siphon ne nous aide nullement, en ce sens que la longueur du plan incliné, et par conséquent la quantité d'eau qui y est contenue, est tellement plus grande, qu'elle compense précisément la résistance plus grande qu'on éprouve en élevant perpendiculairement.

Remarquez que peu importe que les siphons soient larges ou étroits, que cela ne change rien en ce qui est d'élever à une plus grande ou plus petite hauteur; et si, par exemple, dans un siphon large comme une paille, en attirant, on peut faire monter l'eau plus haut de 20 brasses, on ne pourra dans aucun autre siphon la faire monter à une autre hauteur. Mais *la longueur semblable de tous les siphons est déterminée par l'attraction possible*, parce que la force CAD, la grosseur des cordes (pour ainsi dire d'eau), s'accroît autant que le poids à soutenir, c'est-à-dire la quantité de l'eau. *Dans d'autres moments, je vous reparlerai de ce problème et de plusieurs autres.*

J'ai été à Rome ces mois derniers pour obtenir la permission d'imprimer deux de mes *Dialogues*, où j'examine tout au long les deux grands systèmes : de Ptolémée et de Copernic, sur le flux et le reflux. Ayant enfin vaincu quelques difficultés, j'ai obtenu la licence et la signature du R. P. Mosto, maître du sacré Palais ; et si la saison avait été différente, je serais resté à Rome où je les aurais fait imprimer ; ou encore je les aurais laissés entre les mains de l'excellentissime seigneur le prince Cesi, lequel s'en serait chargé comme il l'a fait pour mes autres ouvrages ; mais Son Excellence se sentait indisposée, et ce qui est pis, on dit maintenant qu'elle est à l'extrémité. Aussi ai-je essayé de les faire imprimer ici. Malheureusement nous n'avons ni caractères, ni compositeurs capables : et *les malheureux temps où nous sommes ne me permettent pas de songer à Venise.* Ayez la bonté de me dire quels sont les frais d'impression à cet égard, pour que je puisse prendre une résolution. Je vous en serai singulièrement obligé.

Quant à ce que vous me dites de mon long silence, je ne vois pas que notre correspondance ait un autre but que celui de nous renseigner réciproquement sans aucune cérémonie. Quant à moi, je demande à Votre Seigneurie de m'en dispenser, et de me permettre, comme compensation, d'apporter le plus grand empressement à exécuter ses ordres toutes les fois qu'elle daignera m'en honorer.

Je la prie aussi de me rappeler comme serviteur très-dévoué aux seigneurs Barthélemy Imperiali, et André Spinola, le philosophe.

De Florence, le 6 août 1630. GALILEO GALILEI.

Nous sommes en 1630 : Galilée a soixante-six ans sonnés. Je ne sais si l'assiduité héroïque de ses travaux, sa situation pénible et dépendante depuis qu'il avait quitté les États vénitiens et le service de la république, enfin le progrès de l'âge, avaient amené quelque affaiblissement ou quelque incertitude dans son charmant caractère et dans son puissant esprit. Mais enfin, sans tirer de nos observations des conséquences forcées, on pourrait remarquer dans la lettre qui précède quelques traces de cette diminution d'une vaste intelligence. Ce qu'il dit à Baliani sur la difficulté d'imprimer ses dialogues est réel : la peste avait sévi avec tant de violence en Ligurie et en Toscane, qu'on ne trouvait plus d'ouvriers nulle part ; même à Gênes un seul imprimeur subsistait, nommé Favaj, lequel n'avait plus ni prote, ni correcteur, ni compositeur, ni pressier. Mais quelle idée étrange d'aller dans une telle époque, malgré les conseils de Fra Paolo Sarpi, de Campanella et de tous ses amis, — lorsque le protestantisme épouvantait la cour de Rome, — affronter les inquisiteurs romains, leur demander le permis d'imprimer, et leur recommander cette secrète apologie de Copernic mêlée à une vive attaque contre les Aristotéliciens, les Ptoléméistes, les Péripatéticiens, c'est-à-dire contre les jésuites catholiques ! Quelle singulière finesse que celle de Galilée qui cache son jeu ! Au lieu de déclarer à son élève quel est le but véritable de ses dialogues, il prétend qu'il s'agit seulement *du flux et du reflux* de la mer, — non du système du monde.

Acte de prudence !

Belle prudence ! Un homme de cette valeur croire qu'il jouera les jésuites !

Au point de vue scientifique même, cette lettre est inférieure. Galilée se trouble, il tâtonne ; il ne résout point le problème et ne répond pas à la grave question que Baliani lui a posée : « Pourquoi le liquide ne peut-il s'élever que jusqu'à une certaine hauteur déterminée ? » Baliani (1), avant Torricelli et Pascal, va découvrir que le poids de l'atmosphère exerce sur la colonne du liquide une pression qui ne lui permet pas de dépasser certaines limites fixes. Les explications du maître étaient fausses, obscures et confuses. Celles de l'élève, d'ailleurs claires, sont d'accord avec les résultats de la science moderne. Tous deux s'en donnent à cœur joie aux dépens d'Aristote, des dogmes établis, et des pédants et de l'*horreur du vuide*. Baliani affirme qu'on fera le *vuide* quand on voudra ; Galilée applaudit.

Entre les années 1630 et 1632 Galilée s'occupe de publier son grand ouvrage. Il lève péniblement les obstacles matériels, moraux et politiques qui s'opposent à la publication du périlleux manuscrit. Il sait le danger. Il se soumet de lui-même à toutes les humiliations, injonctions, corrections ; retranche ce qu'on veut ; gagne les censeurs de Florence, séduit ceux de Rome ; apaise les inquisiteurs, circonvient les annotateurs, persuade les théologiens. Le voilà triomphant. Les ennemis reculent, il le croit du moins. Il leur offre de se désavouer lui-même, de se déjuger dans sa *préface* et sa *conclusion* ; et de médire de sa propre doctrine qu'il traitera « de chimère, de songe, de paralogisme, de vaine fantaisie », —

(1) Lettre de Baliani. — *Raccolta delle opere di Galileo*, t. IX, p. 265.

« remettant, dit-il, et soumettant le tout à la sagesse a
et à la doctrine certaine « des sciences supérieure
(*nominare questi miei pensieri con titolo di chimere,*
paralogismi e vane fantasie, etc.) (1). En relisant ces c
on est humilié. Comment absoudre une telle nécessité
social qui l'institue, l'aveugle obéissance que le phil
accepte, la règle servile qui le dompte, l'abjection mo
laquelle le vieil astronome est forcé ?

Que M. Sacchi, M. Th. Martin, M. Trouessart et t
doctes professeurs qui, en l'honneur de Galilée, m'
amèrement et si injustement accusé, me disent si j'ai t

Personne ne se trompait sur Galilée et sur sa sit
comme chef de parti scientifique ; les défenseurs du
Jésuites, Aristotéliciens et politiques de Rome, avaient
dissimulé leurs desseins et leur colère, qu'à l'apparit
nouveau livre de Galilée, et malgré tous ses *permis d'*
mer, ce ne fut qu'un cri de terreur. Le cri de détresse
de l'autre groupe, celui des amis du vieil homme de
On lui écrivit de toutes parts. Campanella renouvela les
avertissements et les prophéties du Vénitien Sarpi (2)
ignares, dit Campanella (*gente chi non sà*), veulent vo
violence. » En effet, on agit sourdement contre lui. L
persuadé que Galilée s'est moqué de lui, donne des
sévères ; et cette iniquité s'achève.

Galilée *en chemise* (*con uno straccio di camiccia in d*
faceva compassione) fut soumis au plus ignoble traitem
abjura, puis il fut relégué dans sa maison de campag
honorables défenseurs de Galilée ont si peu ou si mal
lettres, les seuls matériaux vrais de toute cette histoire,
révoquent en doute l'hostilité d'Urbain VIII contre l'a
mie, et repoussent, comme inventées, les causes de cette
tilité. Mais Galilée lui-même (26 juillet 1636) expo
ment ces causes (3). — « Le pape, dit-il, a cru que
voulu l'insulter et déprécier sa personne » (*vilipender l*
sona sua). — « Mes scélérats ennemis (les jésuites) le
» persuadé (*le aveano persuaso*) ; et ce fut là le premier
» de toutes mes peines (*il primo motore di tutti i mie*
» *gli*). » Est-ce assez clair ? Et M. E. Thurot, dans un arti
excellent (bien que trop laudatif pour un de ses amis
teur), a-t-il raison d'accepter ce que de légers critique
cent ; — que Galilée ne s'est donné aucun tort
Urbain VIII ? Non certes ; mais ces torts, on les lui p
et le vaniteux souverain avait cru sur parole les *sceler*
mici, qui, depuis trente années, attendaient l'occasion d
dre leur adversaire.

Si son livre eût été imprimé en Hollande, même à V
ou s'il n'avait pas quitté volontairement la vénitienne P
pour la catholique Rome, il aurait vieilli paisible. Pou
aller braver ses ennemis dans leur sanctuaire ? Cette s
qui se croit forcée à se défendre, qui ne connaît que l'
sance passive, et que Napoléon Ier estimait tant à cau
cela, ne pouvait pas manquer de le punir. Le vieillar
donc forcé de rester emprisonné dans Arcetri et de n

(1) Lettre au prince Cesi (Sacchi, p. 103, l. 26).

(2) *Bibliot. Magliabechiana*. Voy. Sacchi, p. 153.

(3) Fra Paolo Sarpi, plusieurs années auparavant, l'avait pre
se rendre à Venise et d'éviter les embûches ; Campanella le mett
garde contre les moines. Ils se rencontraient en cela. Mais ce
n'ai jamais dit, c'est que Sarpi vécut en 1630, et que Campanell
Rome en 1635, comme on me le fait dire.

(4) *Revue critique*, p. 165, 1868.

nonde. Châtiment amer. Il adorait les vifs et savants
ns, il y brillait; il savait causer et même médire.
grâce, de charme et de qualités sociales, ce lecteur
e l'Arioste se trouva privé même de la correspondance
mis. Son disciple fidèle, Baliani, cessa de lui écrire.
ınt un jour le pauvre astronome devenu aveugle, au-
moine charitable faisait la lecture, reçut un livre de
ur le *mouvement des corps graves*, avec un petit envoi.
t les idées mêmes de Galilée, que le disciple avait
ites et condensées, sans avoir l'honnêteté de citer son

e aveugle dicta la réponse suivante, lettre où se mê-
nélancolie et la résignation, — avec un accent étouffé
ue.

QUATRIÈME LETTRE INÉDITE DE GALILÉE A BALIANI.

;u hier votre bonne lettre, avec votre traité *Du mouvement*,
été remis par le R. P. dom Clément de San-Carlos des éco-
collègue du R. P. François de Saint-Joseph. Comme je suis
usement devenu tout à fait aveugle depuis à peu près deux
omme mon infortune est de ne pouvoir pas même contempler
encore moins voir les objets moindres et non lumineux, tels
caractères d'écriture et les figures géométriques, j'ai obtenu
ui même, que le P. dom Clément vînt me voir et m'aider
plusieurs heures. C'est grâce à lui que j'ai été au courant de
e, qui m'a fait vraiment beaucoup de plaisir, sans que j'aie pu
re distinctement les démonstrations, ne pouvant les suivre sur
s. Toutefois ma familiarité avec ces matières, et la conviction
que plusieurs de vos propositions se rencontrent avec celles
déjà publiées, m'ont permis de me mettre au fait de vos idées
résultats. J'ai traité la même matière, mais avec un peu plus
, et en l'abordant par d'autres côtés ; car moi, je n'admets
ypothèse : la définition du mouvement, dont je veux exposer
trer les accidents divers.
en cela Archimède, qui, traitant des lignes spirales, ayant dé-
qu'il entend par mouvement de la spirale composée de deux
une droite, l'autre circulaire, passe immédiatement à la dé-
on de ses idées. Moi je déclare vouloir examiner quels sont les
s qui se produisent pendant le mouvement d'un mobile qui,
t de l'état de repos, se meut avec une vélocité croissante tou-
la même manière ; c'est-à-dire que la vitesse n'augmente
oubresauts, mais proportionnellement à l'augmentation du
telle sorte que le degré de vélocité acquise par exemple en
utes de temps soit double de celui obtenu en une minute ; et
obtenue en trois minutes, puis en quatre, soit triple et qua-
celle qui est acquise dans la première minute. Sans autre
, j'arrive tout de suite à la première démonstration par la-
prouve que les espaces parcourus par le mobile sont en pro-
uble de celle du temps, et je continue ensuite à démontrer bon
'autres accidents qui touchent à la même démonstration ; mais
e plusieurs autres qui sont peut-être plus extraordinaires,
otre Seigneurie peut le voir dans mon dialogue sur cette ma-
primé il y a deux années à Amsterdam. Je n'ai pu moi-même
curer que feuille par feuille, à mesure qu'on me les envoyait
corriger, et pour que je rédigeasse une table des matières.
ne m'en est plus parvenu aucun exemplaire. Je sais cependant
a envoyé plusieurs dans le nord de l'Italie ; et que même il en
u à Rome, où chaque exemplaire se vend trois écus. Les der-
raient bien être ceux qui, parvenus à Prague, furent immé-
recueillis *tous par les Pères jésuites*. Si bien que l'empereur
ne put en obtenir un seul exemplaire, ayant envoyé pour en
e seigneur François Piccolomini, son chambellan, qui me l'a
me, quand je l'ai vu ici il y a deux mois.
is il m'en parvenait un exemplaire, je ne manquerais pas de
oyer. D'ici là j'attendrai avec impatience l'expression de vos
n ce qui concerne les liquides. Sujet très-obscur, à mon avis,
de difficultés. Mais en revenant à mon traité du mouvement,
te par supposition sur le mouvement défini dans ce livre ; ce
e quand bien même les conséquences ne répondraient pas aux
du mouvement naturel des corps graves qui tombent, cela
it peu ; — de même, cela ne déroge en rien à la démonstra-
himède, qu'il n'existe pas dans la nature un mobile qui ait
ment en ligne spirale. En cela je puis dire que j'ai été heu-
reux, puisque le mouvement des corps graves et ses accidents répondent à ceux que j'ai démontrés comme résultant du mouvement que j'ai défini.

Je traite aussi du mouvement des projectiles ; j'en démontre les diverses propriétés, parmi lesquelles il est presque indispensable de démontrer comme quoi l'objet projeté chasse l'objet « *projetant* », comme par exemple le boulet lancé par le feu de l'artillerie parcourt sa plus grande volée en tombant, c'est-à-dire a sa plus grande portée, lorsque la pièce est posée à un demi-angle droit, c'est-à-dire à 45 degrés. J'observe, en outre, que les autres tirs atteignent à un résultat d'égale portée, pourvu que la pièce s'élève par degrés égaux au-dessus ou au-dessous de 45 degrés.

Votre Seigneurie verra dans ce même dialogue un traité sur la force de résistance que présentent les corps solides : sujet très-utile pour la mécanique. J'aurais bien dans l'esprit bon nombre de problèmes et de questions isolées, en partie complétement nouvelles et contraires aux opinions admises par les esprits vulgaires : questions dont on pourrait faire un traité plus curieux que tous ceux que j'ai écrits. Mon état de santé qui, sans compter la perte de la vue, m'accable des indispositions les plus graves, se joignant à l'âge si avancé de soixante-quinze ans où je suis, ne me permet pas de pouvoir m'occuper de la moindre étude. *Je me tairai donc ; ce qui me reste d'une vie accablée de tant de labeurs se passera dans le silence ;* me contentant du plaisir que j'éprouverai en apprenant les découvertes d'autres intelligences supérieures, et particulièrement de celle de Votre Seigneurie.

En attendant, je vous assure de nouveau de mon fidèle dévouement, et avec la plus respectueuse affection je vous baise les mains, en vous souhaitant entière félicité.

De Florence, le 7 janvier 1636. GALILEO GALILEI.

Le doux vieillard, quoique blessé dans son orgueil et très-amoureux de ses découvertes, ne se plaint point et n'adresse aucun reproche à Baliani qui vient de lui dérober ses méthodes. Il se contente d'une raillerie très-voilée et d'un peu de froideur. Ensuite, comme pour prouver sa supériorité, il détermine les lois alors inconnues de l'accélération des corps pesants et le mouvement des projectiles. C'est (comme le dit très-bien M. Thurot) la base même de la dynamique, dont il est le vrai fondateur. Puis dans quelques paroles obscures il laisse apercevoir l'angoisse qu'on lui cause en lui dérobant ses propres ouvrages ; le mot *jésuites* tombe une seule fois de ses lèvres irritées et timides, et il finit par dire qu'il *se taira toute sa vie!* Pauvre grand homme! Ces mêmes *jésuites* reparaissent encore dans sa lettre de 1634, écrite à *Élie Diodati* (1); il les signale comme les vrais auteurs de ses disgrâces. En effet ils étaient l'avant-garde de l'armée péripatéticienne, que Galilée, généralissime de l'armée ennemie, effrayait si fort.

Le 1er juillet 1639, Baliani, ayant pu se procurer l'ouvrage de Galilée sur les *mouvements locaux* (2), lui adressa une nouvelle lettre fort longue, remplie de questions diverses sur le mouvement des corps graves ; — sur les propriétés des liquides ; — sur la condensation de l'air. Il lui rappelle aussi l'envoi d'un manuscrit qu'il tenait d'un nommé Vietta, de Naples, qui attribue ce manuscrit à Galilée lui-même. Voici la réponse du prisonnier d'Arcetri :

CINQUIÈME LETTRE INÉDITE DE GALILÉE A BALIANI.

Il me faudrait un autre état de santé et une autre tranquillité d'esprit que celle que Dieu m'accorde, pour répondre convenablement à la lettre de Votre Seigneurie, lettre remplie de courtoisie affectueuse

(1) Dans mon livre sur Galilée, les deux chiffres 3 ont été transformés en deux chiffres 7, qui font de 1635 1675, et de 1634 1674. D'autres erreurs, que je confesse, commises pendant un voyage, en mon absence, erreurs typographiques, et résultant d'épreuves non corrigées, servent de thèse annexe contre moi à deux docteurs irrités.

(2) Leyde, 1638. Elzévir.

et d'éloges que je ne mérite pas. Je remettrai donc à une autre fois la réponse à cette partie de votre lettre qui est pleine de bienveillance ; et pour le moment je dirai seulement quelques choses relatives aux sujets scientifiques que vous traitez. Votre Seigneurie me dit qu'elle voudrait connaître le moyen en vertu duquel j'ai pu m'assurer qu'un corps qui tombe perpendiculairement, partant du repos, traverse 100 brasses de hauteur en 5 secondes. Ici on cherche deux choses : la première est le temps employé pour la descente des 100 brasses ; la deuxième est de trouver quelle fraction de 24 heures s'est passée pendant la chute de ce même corps.

Quant à la première opération, la chute de cette balle que je fais descendre par ce canal incliné à notre gré, nous donnera tout le temps, non-seulement pour les 100 brasses, mais de n'importe quelle autre longueur de chute perpendiculaire. Attendu que (ainsi que vous même le savez et démontrez) la longueur dudit canal ou plan incliné est moyenne proportionnelle entre la hauteur perpendiculaire du plan et la longueur de tout l'espace perpendiculaire que le mobile tombant parcourrait pendant le même temps, comme par exemple étant établi que le susdit canal soit long de 12 brasses, et que sa hauteur perpendiculaire soit d'une demi-brasse, 1 brasse ou 2 brasses, l'espace passé dans la perpendiculaire sera de 288 000 144 ou 72 brasses, ainsi qu'il est manifeste. Il nous reste maintenant à trouver la durée du temps de la descente dans le canal ; ce que nous obtiendrons grâce à l'admirable propriété du pendule dont les vibrations grandes ou petites sont toujours isochrones. On recherche *pro una vice tantum* (pour une seule fois) que deux, trois ou quatre amis curieux et patients aient choisi une étoile qui se réflecte contre un objet immobile ; puis ayant pris un pendule d'une longueur quelconque, comptant ses vibrations pendant tout le temps que mettra l'étoile fixe à revenir à sa place déjà notée, ainsi on aura le nombre de vibrations de vingt-quatre heures. Par ce nombre, nous pourrons trouver le nombre de vibrations de n'importe quel autre pendule plus grand ou plus petit, comme nous voudrons, ce qui fait que si, *verbi gratia*, les vibrations comptées dans les vingt-quatre heures ont été, par exemple, 234 567, en prenant un autre pendule plus court dans lequel quelqu'un compte par exemple 800 vibrations, tandis que l'autre en compte 150 des plus fortes, nous aurons déjà par la règle susdite (qui vraiment est d'or) le nombre des vibrations de tout le temps de vingt-quatre heures ; et si avec ces vibrations nous voulons savoir le temps de la descente par le canal, nous pourrons avec la même facilité trouver les minutes non-seulement, mais les secondes, les tierces, les quartes, les cinquièmes de minute, et tout ce qui nous plaira. Il est vrai que nous pourrons passer à des mesures plus exactes, en ayant vu et observé quel est l'écoulement de l'eau par un petit tuyau, parce que, en la recueillant et ayant pesé combien il en passe, *verbi gratia*, en une minute, nous pourrons, en pesant l'eau qui coulerait pendant la chute dans le canal, trouver la mesure très-exacte et la quantité de ce temps, en nous servant principalement d'une balance assez exacte pour qu'elle soit sensible à un soixantième de grain.

Voilà pour ce qui regarde le procédé que vous ne pourrez manquer de trouver très-délicat, et même si en affirmant que l'expression de 100 brasses en 5 secondes n'est pas vraie, on avait raison ; peu importerait, l'extrême sottise de ceux (1) qui veulent déterminer la chute d'un boulet tombant de la lune n'en existerait pas moins manifeste.

Si Votre Seigneurie, bien qu'elle approuve mes subtilités à propos de ces vides disséminés pour l'explication de la condensation et de la raréfaction, « *sans* (2) *la nécessité d'introduire la pénétration des corps dans les espaces vides* », ajoute ensuite qu'elle n'est pas entièrement satisfaite, je n'en serai pas surpris. Notre intelligence est forcée de mêler les infinis et les indivisibles : ceux-là, par leur excessive grandeur et ceux-ci par leur petitesse, se trouvent singulièrement hors de proportion avec notre intelligence, qui est finie et déterminée ; et même il me serait très-agréable de connaître quelques-unes de vos pensées au sujet de ces deux effets, car je suis sûr que vous me feriez entendre des pensées beaucoup plus rationnelles que celles qui ont été émises jusqu'ici par d'autres philosophes.

Quant au désir que vous exprimez d'être assuré que, dans la proposition première de mon second dialogue, la force de résistance ait la même proportion que CB à la moitié de BA, cela me semblait très-clair, puisqu'on parlait de prismes ou de cylindres qui portent à leur centre un cercle de résistance et de puissance égale ; dans laquelle opération il arrive le même accident qui survient dans la perche AB, dont le soutien soit en C, ou ayant posé dans la plus petite distance BC autant de poids égaux que l'on voudra, ils opposeront la même résistance à la force qui est en A, comme si tous lesdits poids réduits en un seul étaient atta au milieu de BC. Si sur ce sujet il vous restait quelques difficultés (ce je ne crois pas), je tenterai avec une démonstration plus soignée de éclaircir. Je tiens pour très-véritable que l'impulsion de la balle cendant de la hauteur à laquelle la force du feu l'avait chassée réacquiert point, en retournant en arrière, arrivée à 2 bras de quebuse, la même force qu'elle avait au moment du départ. Mais ne change rien à ma proposition. Je dis que le corps grave descen de haut reprend autant de forces en montant qu'en descendant, po qu'il traverse le même espace. Cet effet ne change rien à ma prem opinion et proposition. Vous pourriez peut-être, dans les passages vous citez de moi, retrouver tout cela. Peut-être aussi de nouve

Fig. 66.

commentaires me feraient-ils mieux comprendre. Mais j'aurais be pour cela d'un peu plus de loisir et de tranquillité d'esprit que je possède maintenant. Je le ferai une autre fois, pourvu que vous demandiez.

Je veux bien vous concéder, comme vous le dites page 166, q principe supposé par moi n'ait pas toute l'évidence qu'on exige principe reconnu et vérifié ; mais je vous fais observer que vous la même hypothèse quand vous affirmez que les degrés de vélocit quis sur l'horizon par des mobiles descendants sur divers plans même hauteur sont égaux.

Maintenant, que Votre Seigneurie sache qu'après avoir perdu la et par conséquent la faculté de pouvoir m'aventurer dans des pr tions et démonstrations plus profondes que celles que j'ai trouvées crites, je me suis occupé (dans les ténèbres nocturnes) des prem et des plus simples propositions, les ordonnant, les coordonnant une forme meilleure et avec plus d'évidence. Entre autres choses, résolu de démontrer le susdit principe, comme vous le verre m'arrive d'avoir assez de force pour améliorer et amplifier l'écri j'ai déjà publié sur le mouvement. J'y joindrai d'autres petites obs tions dont l'investigation m'a coûté bien des centaines et des mil d'heures ; je les ai enfin résumées d'une manière assez lucide par q intelligence ordinaire puisse les comprendre en moins d'une de heure.

Et ici je veux de nouveau vous dire que je n'ai aucune souven de ces écrits dont vous parlez, qu'on vous a envoyés comme a tenant à Vietta, et que je vous aurais affirmé être de moi ; c'est p quoi je vous demande comme faveur de me rafraîchir la mémoir particulièrement au sujet de l'écrit sur la percussion, écrit qui ne être qu'imparfait, attendu que celui sur lequel je m'appuie n'a pa retrouvé par moi, et que depuis plusieurs années je ne me souvien d'en avoir donné connaissance à personne.

Et ici je vous baise les mains avec une respectueuse affection.

Votre très-dévoué et très-obligé servite

GALILEO GALILEI.

D'Arcetri, le 1er août 1639.

Baliani, en réponse à cette lettre que les hommes co tents apprécieront mieux que moi, et qui, comme toute lettres dictées entre 1638 et 1641 par le malheureux vieil manque un peu de clarté dans l'exposition, adresse à Gal le 20 août 1639, une lettre nouvelle, relative à un nou pendule inventé par le père Cabeo, et à la chute des graves. Voici la réponse de Galilée, où, parmi beaucoup d curités, brillent encore de vives étincelles de son génie.

SIXIÈME LETTRE INÉDITE DE GALILÉE A BALIANI.

En réponse à votre très-agréée du 19 du mois dernier, je dira quant à mesurer le temps avec un pendule qui fasse ses vibratio une seconde, on s'évite la fatigue de faire le calcul par la simple ration de la *règle d'or*, si l'on tient compte une seule fois des vibr d'un pendule quelconque en vingt-quatre heures. Il faut que le P beo ait fait cette observation avec un pendule d'une longueur qu que, et que, grâce à l'invention des moyennes, il en ait tiré la long du pendule d'une seconde. Cette invention est exposée à quelqu reur qui, bien que petite, étant multipliée par le nombre des vibrat peut faire naître une notable erreur ; ce qui n'arrive pas dans les v

(1) Ses adversaires.
(2) Système de l'*horreur du vuide*.

non subordonnées aux longueurs du fil, qui, répétées plusieurs
nes de fois, doit nous donner la mesure du temps. Ainsi chaque
erreur sur la longueur du pendule est multipliée plusieurs cen-
de fois, tandis que dans mon autre opération l'erreur ne peut
qu'en comptant les vibrations, où l'on peut en prendre une plus
ins juste. Et il arrive (pour donner un exemple) la même chose
rriverait à celui qui voudrait mesurer la longueur de l'année par
ux entrées du soleil dans la ligne équinoxiale, prises avec l'inter-
l'une seule année entre chaque entrée ; où l'erreu d'un quart ou
demi-heure tombe tout entière sur la détermination de la quan-
l'année, laquelle quantité de temps de cent, de deux cents ans,
s encore, produit des erreurs cent ou deux cents fois plus consi-
es que celles qui surgissent dans la détermination d'une seule an-
lais si l'on prend l'entrée du soleil dans l'équinoxe arrivé et ob-
depuis mille ou quinze cents ans, et cette même entrée à présent
admis que les anciens se soient trompés d'une demi-heure et que
nêmes nous ne puissions éviter cette erreur), cette différence, di-
en mille ou quinze cents années, — au plus que je puisse me trom-
assignant la quantité du temps d'une année — ne peut produire
lus grande erreur que celle comptée par la millième ou la quinze-
me fraction de toute l'erreur.

souvent redit que l'usage du pendule, comme mesure du temps,
une chose exquise ; j'ai même noté plusieurs opérations astrono-
s qui m'ont prouvé que cette mesure opère avec une précision
oup plus exacte que celle qui peut être obtenue avec n'importe
nstrument astronomique, quand même les quadrants et les quarts
cle seraient divisés non seulement en degrés et en minutes, mais
en fractions plus petites. Avoir trouvé le moyen de mesurer
ment le diamètre d'une étoile est une opération très-belle, et
t d'autant plus estimable, que je trouve que les astronomes qui
ulu mesurer ces grandeurs se sont trompés, non de 20 ou 30,
le 20 ou 30 pour 100.

nt à ce que vous me dites au sujet de votre opinion, relative
à la condensation et à la raréfaction, c'est-à-dire que vous admettez
nétration des corps l'un dans l'autre, j'ai déjà répondu (comme
pouvez le voir) qu'à quiconque voudrait admettre cette opération,
ncède ce qu'il lui plaît, n'ayant eu l'intention d'écrire ce que j'ai
sur ce sujet que pour réfuter ceux qui nient la pénétration des
et qui prétendent que la nature ne connaît pas de vide.

que vous dites sur la première proposition de mon second dia-
, je le considérerais comme une chose assez claire pour n'avoir
soin de la démontrer et de la poser comme principe, parce qu'il
démontré par d'autres mécaniciens que, dans la perche, la force
istance correspond réciproquement aux distances du point de sou-
Ce qu'Archimède démontre pour les corps d'égale pesanteur peut
endre comme une conclusion ; — en ployant à angles droits la
etite distance sur la plus grande, la force trouve le même obstacle
résistance, cela ne me semble pas devoir être mis en doute, d'au-
lus que je crois, si j'ai bonne mémoire, que le seigneur Guido-
pose ces mêmes conclusions dans sa mécanique en la déclarant
nte.

xpérience démontre, je crois, et vous n'aurez pas de peine à con-
, qu'une balle lancée de très-haut par une arquebuse ou un arc,
perdre beaucoup de sa puissance en traversant l'espace ; mais
e qu'il pourrait se faire qu'au moyen du même milieu, elle reprît
rtie de sa vigueur. Il me serait dur de ne pas l'admettre, à moins
riences et de démonstrations contraires.

n'ai pas pu vérifier deux observations que vous faites dans votre
, parce qu'il s'y trouvait des figures géométriques que je ne pou-
as reproduire et certains caractères. MA GRANDE MISÈRE *et ma*
ion sont de ne pouvoir rien comprendre à *mes propres démons-*
ns, dès qu'il s'y mêle des figures et des calculs. Mais puisque vous
mettez, je les passe volontiers. Seulement je vous dirai que ce que
e en principe, c'est que les degrés de vélocité acquis par le
tombants sur n'importe quels plans dont l'élévation soit la
lorsqu'ils sont arrivés à l'horizon, sont égaux. Je l'ai démontré
lairement, et quand vous voudrez, je vous en enverrai la démons-
n.

travail sur la percussion est tout à fait de moi, et a été fait il y a
e quarante ans, mais ensuite je l'ai augmenté beaucoup, et je l'ai
né bien plus au long.

st assez vous avoir ennuyé de mes spéculations.

vous baise les mains avec respectueuse affection, et je prie Dieu
vous accorde félicité.

Très-dévoué et très-obligé serviteur,
GALILEO GALILEI.

Arcetri, le 1er jour de septembre 1639.

Cette lettre, dont les adeptes des sciences exactes sont seuls aptes à juger la vraie valeur, mais dont l'exposition semble peu nette, est la dernière de celles que renfermait la Bibliothèque de Milan, et qui, restées inédites jusqu'à la dernière fête anniversaire de la mort de Galilée, ont été publiées récemment par M. Giuseppe Sacchi. On ne doit pas s'étonner que, comme M. Martin, M. Trouessart et plusieurs autres, le docteur Sacchi ait, dans sa dévotion ardente envers le grand homme persécuté, commis quelques injustices, et spécialement envers Mallet-Dupan. Ce dernier a pu être trop vivement frappé des misères morales que la société italienne de 1630 infligeait à ses enfants. Très-honnête homme et esprit très-juste, il n'a calomnié ni Galilée ni ses ennemis.

M. Sacchi ne me pardonne pas d'avoir appelé Galilée épicurien. Et pourquoi pas. Il y a dans les caractères et dans les styles, comme dans les actes et dans la physionomie de chacun, un accord de nuances et une harmonie de détails, dont l'ensemble et la corrélation forment l'être humain. Galilée, écrivant avec cette douceur, cette grâce, cet atticisme dont sa correspondance italienne porte (1) l'empreinte, est tout à fait l'aimable Galilée, celui qui condamne la sévérité platonique du Tasse ; celui que ses élèves adorent, qui visite les cardinaux, correspond avec les princes, se moque d'Aristote et rit des pères jésuites. Pourquoi chercher en lui un Caton, un Mathieu Molé, ou un Malherbe? Il est lui-même ; ne hante pas les mauvais lieux, et ne se confine pas volontiers dans la solitude enthousiaste de Milton. Ni corybante, ni stoïque ; un charmant Italien de son époque. Dire qu'il est épicurien, le beau crime ! l'étrange audace !

Ce n'est pas plus l'outrager qu'on n'a insulté tant de gens honnêtes, aimables, spirituels, qui ont suivi la douce piste de Michel Montaigne et du poëte Horace. Épicurien ! Pourquoi pas ? Je m'étonne toujours de cette pauvre humanité intolérante, qui ne veut pas comprendre les libres variétés qui l'honorent. Avoir créé la dynamique, et être de si bonne compagnie ! Être de si excellente humeur, et avoir mis le soleil à sa place ! Une délicieuse épître de Galilée, qui, au nom de Bacchus et de Vénus, demande *de bon vin*, ne m'étonne pas. Elle est bien de lui. Qu'un vieillard appelle à son aide un peu de vin délicat, que la phrase païenne du mondain catholique soit bien arrondie, où est le mal? Elle témoigne à la fois de l'homme et du siècle. Où est le paradoxe ? C'est bien là notre Galilée, jouissant de la vie, mathématicien incomparable, excellent père, ne se mariant jamais, adoré des siens, et dont le sénat de Venise augmente les appointements à mesure que s'accroît sa famille illégitime. Là-dessus on se récrie, et avec raison : la décence est blessée, les fronts

(1) Galilée n'a écrit qu'en italien et rarement en latin. Les langues du Nord lui étaient inconnues. Ses traducteurs ont multiplié les contre-sens ; et j'aurais voulu joindre à la traduction littérale que je viens de donner le texte même, dont la fluidité, l'aménité, les circonlocutions, les adoucissements et le *seicentisme* accompli ne peuvent être parodiés ou reproduits dans aucune langue. Galilée emploie les mots dans le sens le plus italien, le plus florentin, et les idiotismes abondent sous sa délicate plume, avec des finesses. Tout cela trompe les traducteurs, qui ne manquent pas de rendre *opportuno* (favorable) par « opportun » ; — *sottilizare* (détailler) par « subtiliser » ; — *faticar* (donner de la peine) par « fatiguer » ; — *travaglio* (douleur) par « travail » ; — *discreto* (intelligent) par « discret ». Plus ces idiotismes florentins paraissent se rapprocher du français, plus ils s'en écartent, et, grâce à ces interprétations savamment ignorantes, le style de Galilée, ainsi que sa personne, apparaissent défigurés.

se rident, les sévères crient au scandale. On a recours à ce moyen commode, de nier les faits avérés (1). Cela ne peut pas être, disent-ils. Oubliez-vous qu'un pape disait à l'Arioste, en lui frappant sur l'épaule : *« Dove, messer Ariosto, avete pigliato tante C....e ? »* et que l'homme obscène d'Arezzo fut sur le point d'être cardinal ?

L'Italien Galilée, catholique sincère, mais de formule, épicurien et dévot, mondain et savant, ressemble à Bembo, à Fracastor, à Marcel Palingène et aux poëtes charmants qui, sous les yeux du pape, mariaient Vénus à saint Jean-Baptiste, et le dieu Mars à la Vierge Marie. Faut-il étudier ces phénomènes ? Je le crois. Suffit-il de prétendre et de prouver que la science a des droits ? Oui, la Religion, la Liberté, la Science ont des droits immenses, mais non celui de détruire l'humanité et la connaissance de l'humanité. Le meilleur moyen de favoriser ses progrès, c'est de l'analyser et de la comprendre tout entière, surtout dans les grands hommes, et dans les grands hommes malheureux.

PHILARÈTE CHASLES.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. H. C. FLEEMING JENKIN
de la Société royale de Londres

Immersion et relèvement des câbles sous-marins (2).

Je me propose d'expliquer les principes suivis par les ingénieurs pour l'immersion et le relèvement des câbles sous-marins, plutôt encore que de donner le détail des appareils qui servent à cette opération.

Le professeur commence par décrire la construction générale des câbles électriques et en montrer des échantillons ; il appelle surtout l'attention de ses auditeurs sur le câble transatlantique français, qui se compose des parties suivantes : un fil conducteur de cuivre, une couche isolante de gutta-percha et une garniture de chanvre, entourés de dix fils de fer homogène, garnis chacun de cinq fils de chanvre de Manille goudronnés.

TABLEAU I. — *Construction du câble transatlantique français.*

	POIDS par nœud (3).		DIAMÈTRE.		POIDS nécessaire pour produire la rupture.	
	l. angl.	kilogr.	pouces.	millim.	livres.	kilogr.
Cuivre	400	181	0,168	4,26	644	292
Gutta-percha	400	181	0,463	11,76	.....	
Garniture de chanvre	234	106	0,669	17	.....	
10 fils de fer	1589	721	0,100	2,53	950	431
50 torons, ch. de Manille	1091	495	.....	.....	550	249
Chaque fil de fer garni	268	122	0,245	6,22	1550	703
Câble	3701	1679	1,134	28,80	16530	7498

	Tonnes.	Kilogr.	
Le câble dans l'air pèse	1,652	1679	par nœud.
Le câble dans l'eau pèse	0,753	765	—
Sa résistance est de	7,375	7493	—

(1) Ainsi on récuse une pièce *très-authentique* signée par Buonamici ; elle contrarie un biographe de Galilée.

(2) Voyez, dans notre tome V, page 71, 4 janvier 1868, une lecture de sir W. Thomson sur la pose et le relèvement du câble transatlantique anglais.

(3) Le nœud ou mille marin vaut 1852 mètres.

Le tableau qui précède donne les dimensions, le poids et la force de chacune des parties du câble.

Le fil de fer garni de chanvre peut supporter un poids qui est supérieur à la somme des poids que le fil métallique et les fils de chanvre supporteraient séparément. De même, les dix fils garnis, quand ils sont réunis de manière à former une corde, peuvent résister à un poids qui est plus considérable que la somme des poids que chaque fil porterait séparément. De plus, tandis que l'allongement du fer homogène avant la rupture est de moins de 1 pour 100 de sa longueur primitive, et que celui du chanvre n'est que de 0,75 pour 100, celui des deux substances combinées est de 3 pour 100. Ces résultats, surprenants au premier abord, sont dus à ce que la force d'un fil n'est jamais absolument uniforme en tous ses points : quand donc les fils sont isolés, chacun se rompt au point le plus faible ; si, au contraire, ils sont réunis, il est rare que les points faibles coïncident, et alors la résistance de l'ensemble est la somme des résistances moyennes de toutes les parties, somme qui est nécessairement supérieure à celle des résistances minima.

La disposition en hélice ne rend pas réellement le câble élastique ou susceptible de s'étendre ; elle ne comprime pas non plus le fil intérieur : on a pu s'en convaincre par expérience, en retirant le fil central, sans que l'enveloppe s'affaissât d'une manière appréciable.

— Le professeur explique, à l'aide de figures et de modèles, la manière dont le câble est enroulé à bord du navire. On voit que, pour éviter de tordre le câble au sortir de la cale, il faut le tordre en l'enroulant. Si le câble est mal roulé, il s'y produit des coques, ce qu'on peut éviter au moyen d'un cône placé dans la cueille, et d'anneaux ou autres dispositions analogues, qui empêchent les replis du cordage de fouetter au sortir de la cale sous l'influence de la force centrifuge. —

Le tableau suivant donne les dimensions et le contenu des cuves disposées sur le *Great-Eastern* pour la pose du câble transatlantique. Ces cuves servent à tenir le câble dans l'eau à bord du navire, pour faciliter la transmission des signaux électriques. Elles portent un poids de 5000 tonnes (5 millions 80 240 kilogrammes), qui occupe un espace de 180 000 pieds cubes (5097 mètres cubes), les cuves n'étant pas tout à fait remplies jusqu'au bord.

TABLEAU II.

	DIAMÈTRE.		PROFONDEUR.		NŒUDS de câble.
	pieds p.	mètres.	pieds p.	mètres.	
Cuve de l'avant	51 6	15,69	20 6	6,24	725
Grande cuve	75	22,85	16 6	5,02	1104
Cuve de l'arrière	58	17,67	26 6	8,07	912

Malgré leurs énormes dimensions et leur poids, ces cuves n'occupent qu'un espace insignifiant en comparaison de la grandeur du *Great-Eastern*.

Pour les câbles légers, M. C. W. Siemens a employé avec assez de succès une sorte de treuil ou de tambour mobile, au lieu de la cuve où le câble se trouve cueilli.

Quand on déroule le câble, il passe sur une poulie et le long d'une gouttière qui aboutit au frein ; ce dernier sert à ralentir le mouvement du câble dès qu'on le juge à propos.

ffet, le câble fait plusieurs tours sur un tambour, de ie l'amarre d'un vaisseau autour d'un *corps-mort;* frottement, une très-faible résistance à une extré- lt pour empêcher une force considérable agis- 'autre de faire glisser le câble sur le tambour. La sur ce que nous appellerons l'extrémité plus légère s'exerce au moyen d'une série de poulies, qui jouent la main lorsqu'elle laisse glisser l'amarre autour mort; mais, ici, ce n'est pas le câble qui glisse sur r, c'est le tambour lui-même qui tourne, et dont le nt peut être ralenti par une bande de frottement. ndispensable que ce frottement soit constant; on par le *frein d'Appold.* Dans cet appareil, les deux s de la courroie de frottement aboutissent à un posé de telle sorte que, quand le tambour se met ement, il tend à soulever le levier avec le poids uspendu. En se soulevant, le levier détend la cour- l'au moment où la différence de tension entre les émités de cette courroie devient égale au poids que levier. Alors le levier n'est plus soulevé : il reste re avec la courroie, et laisse tourner le tambour sous nent constant, qui est égal au poids dont le levier é. Si le coefficient de frottement augmente, le oulève un peu et la courroie se détend; si le coeffi- rottement diminue, le levier et le poids retombent, roie se tend; mais, dans tous les cas, la force modé- t simplement égale au poids.

bour du frein, le câble passe sous une poulie armée s, qui se comporte comme si elle était passée sur un endu : si la tension augmente, le câble se roidit et sou- ulie; si la tension diminue, le poids et la poulie re- Ainsi la hauteur de la poulie indique le degré de cet instrument a reçu le nom de *dynamomètre.* Enfin asse sur une poulie et tombe dans la mer.

voir montré la disposition du câble, je m'occupe ns d'en calculer la tension. Un câble déroulé dans t la courbe connue sous le nom de *chaînette;* dans contraire, il suit une ligne droite, et la tension fférente dans les deux cas. Dans l'air, le câble ne rien qui s'oppose d'une façon appréciable à son nt, soit dans le sens de sa longueur, soit dans ion perpendiculaire à cette longueur; dans l'eau, re, chaque longueur de câble égale à un pied est une force qui s'oppose à son mouvement perpendi- nt à sa longueur, force que nous pouvons appe- i, pour le câble transatlantique, nous avons l'équa-

$$q = 0{,}154\, v^2,$$

elle v est la vitesse du câble perpendiculairement ueur, vitesse évaluée en pieds par seconde. Ainsi, poids du câble est de 0,2575 par pied (116 grammes), la vitesse de sa chute ne peut être supérieure i résulte de l'équation

$$0{,}2575 = 0{,}154\, v_1^2,$$

, pour v_1, la vitesse de chute 1,294 pied (0m,394) par u 0,765 nœud par heure.

résistance au déplacement il résulte que le câble, escente, suit une ligne droite et non une chaî- orte en quelque sorte sur un plan incliné d'eau onstamment à la rapidité v_1.

L'inclinaison de cette ligne droite dépend de la rapidité du vaisseau, et aussi de v_1, sans être affectée par la tension du câble.

Voici comment nous pouvons calculer l'angle φ que fait le câble avec le plan horizontal. Soient : P la résistance de l'eau pour chaque pied de câble, ω le poids de cette longueur, et φ l'angle, nous avons

$$P = \omega \cos \varphi.$$

Soit v_{11} la vitesse du mouvement du câble, mesurée perpendiculairement à sa direction ; alors

$$v_{11} = v \sin \varphi,$$

équation dans laquelle v représente la vitesse du vaisseau.

D'autre part,

$$P = \omega \frac{v_{11}^2}{v_1^2},$$

d'où

$$\cos \varphi = \frac{v_{11}^2}{v_1^2} = \frac{v^2 \sin^2 \varphi}{v_1^2},$$

et

$$(1) \qquad v_1 = \frac{v \sin \varphi}{\sqrt{\cos \varphi}} \ldots$$

Si nous admettons que la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse, nous avons successivement :

$$\omega = q v_1^2$$

$$\frac{\omega}{q} = \frac{v^2 \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}$$

$$\frac{\omega}{q v^2} = \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$$

et enfin, en posant

$$q v^2 = m,$$

il vient

$$(2) \qquad \cos \varphi = \frac{\sqrt{\omega^2 + 4m^2} - \omega}{2m} \ldots$$

On voit par cette formule, ce qui était d'ailleurs indiqué par le bon sens, que lorsque q et v vont en augmentant, l'angle du câble avec le plan horizontal diminue. Lorsque le vaisseau marchait avec une vitesse de six nœuds à l'heure, le câble transatlantique faisait avec le plan de l'horizon un angle de 6°,75, de sorte que le plan incliné sur lequel il reposait avait une longueur de dix-sept milles, et qu'il fallait à chaque pied du câble près de trois heures pour atteindre le fond.

La tension T au sommet du plan incliné, si aucun frottement n'empêchait le câble de glisser le long de ce plan, serait égale au poids de la longueur du câble allant verticalement de la surface de l'eau jusqu'au fond, c'est-à-dire que

$$T = \omega x,$$

ω étant le poids d'un pied de câble, et x la profondeur évaluée en pieds.

Mais il existe un frottement appréciable qui diminue la tension, tout comme dans le cas d'une chaîne posée sur un plan incliné solide. En appelant m_1 le coefficient de frottement évalué en livres pour chaque pied de câble, avec une vitesse de v pieds par seconde, et en admettant que $m_1 = q_1 v^2$, l'expérience faite avec le câble transatlantique a donné pour q_1 la valeur

$$q_1 = 0{,}00504,$$

ce qui équivaut à 0,81 quintal (41k,149) par nœud de câble, quand on le déroule de manière à laisser flotter une longueur d'un nœud par heure. Ainsi, en opérant avec un excé-

dant d'un nœud à l'heure, et quand $\varphi = 6°,45$, la tension diminue de moitié ; et si l'excédant était de 1,4 nœud par heure, ou de 23 $\frac{1}{3}$ pour 100, ce câble n'exigerait aucune force modératrice.

La formule suivante donne la tension T_1, quand la vitesse du câble est v_{111} :

$$(3) \qquad T_1 = \omega x - m_1 \frac{\left(\frac{v_{111}}{v} - \cos\varphi\right)^2}{\sin\varphi} x \ldots$$

Les câbles d'un faible poids spécifique ont une vitesse de descente faible aussi, et portent sur un plan incliné fort allongé ; si, de plus, leur surface n'est pas lisse, le coefficient q_1 prendra facilement une valeur assez forte pour alléger le frein de la plus grande partie de l'effort qu'il supporterait avec un câble de même poids, mais de petit volume et de surface plus lisse, en laissant flotter la même longueur de câble. Si on ne laissait pas flotter une partie de la longueur, la différence serait très-faible entre l'effort qu'exigeraient des câbles de construction différente, mais de même poids dans l'eau. Quand la partie flottante est considérable, tous les câbles supportent un effort bien moindre que quand la tension est complète ; et enfin, plus la marche du vaisseau est rapide, moins il faut laisser de câble libre pour diminuer l'effort du frein.

L'exactitude de cette théorie s'est trouvée complétement confirmée par la pratique. Dans une mer de 2 milles (3200 mètres) de profondeur, si le câble décrivait une chaînette de 12,75 milles (20 500 mètres) de long, le poids à soutenir serait de 8,5 tonnes (8600 kilogr.), et la tension du câble de 29 tonnes (29 400 kilogr.). Si, au contraire, le câble décrivait une chaînette faisant avec l'horizon, à son point d'attache à l'arrière du vaisseau, un angle de 9° 30', la longueur serait de 24 milles (38 600 mètres), le poids de 17 tonnes (17 200 kilogr.), et l'effort supporté par le câble de 102 tonnes (103 600 kilogr.), au lieu de 14 quintaux environ (700 kilogr.), qu'on a pu constater pour le câble transatlantique, lorsqu'on dévidait 7 nœuds par heure, tandis que le vaisseau ne marchait qu'avec une vitesse de 6 nœuds. Le tangage, même par un gros temps, a fort peu d'influence sur la tension pendant qu'on déroule le câble, à cause de sa faible inclinaison par rapport au plan horizontal.

L'excès de force que possèdent les câbles destinés aux mers profondes, comme le câble transatlantique, est encore plus grand que ce qui est indiqué dans la plupart des ouvrages scientifiques, puisque le câble peut supporter une tension dix fois plus forte que celle qu'il subit lors de sa pose.

— Le professeur décrit ensuite les moyens employés pour ressaisir les câbles au fond de la mer ; il en donne une démonstration en traînant sur le plancher un petit grappin, de manière à accrocher une chaîne qui s'y trouve étendue. Une fois le câble accroché, l'effort que supporte la corde du grappin n'est que le poids de la partie soulevée, et la longueur de cette partie dépend de son plus ou moins de tension. Ainsi, en laissant flotter 14 pour 100, la longueur soulevée sera égale à 4,89 fois la profondeur à laquelle elle est soulevée. Ainsi, dans une profondeur de 2 milles, on soulève environ 9,8 milles de câble ; le poids que supporte le grappin sera alors 6,86 tonnes ; mais la tension sur le câble ne sera que la composante de ce poids agissant suivant la tangente à la courbe au point d'application du grappin, tension égale à 5,5 tonnes. Il est donc clair que, par un temps calme, en [illegible]nt flotter 14 pour 100, on peut ramener un câble d'une profondeur de 2 mill

C'est ce qui fut effectivement exécuté une fois ; mais le t gage fit casser le câble, et alors on put le ramener en le s sissant avec des grappins en deux points éloignés l'un de l' tre d'environ 2 nœuds et demi et en provoquant la rupt du câble au point le plus éloigné de la terre. L'extrémité lil restait alors suspendue à l'autre grappin, et il est évident qu' suivant cette méthode, l'effort que subit un câble, quelle q soit la profondeur de l'eau, peut être réduit au poids de sa l gueur depuis la surface jusqu'au fond. Les câbles transatla tiques peuvent supporter cinq fois la tension qui correspo ainsi à 2 milles de profondeur, ce qui constitue un excès force amplement suffisant.

L'appareil qui sert à relever le câble est presque le mê que celui qu'on emploie pour l'immerger ; le tambo tourne simplement en sens inverse à l'aide d'une machin vapeur, si la longueur à relever est peu considérable. Si, au c traire, cette longueur est assez grande, on transporte le câ à l'avant, et on l'enroule à l'aide d'un double tambour, p éviter le ballottement qui se produit avec un seul tambo Le frottement de l'eau, pendant cette opération, augme la résistance. Ainsi, avec la valeur trouvée plus haut pour en faisant un mille à l'heure, le frottement par mille se de 0,81 quintal, ce qui, avec une profondeur de 2 mi ajouterait 1,61 quintal à la résistance due au seul poids câble. Il faut, en outre, tenir compte de la résistance du déplacement de l'eau par la courbure du câble près du fon aussi d'un certain excès de poids qui vient de ce que le c décrit une chaînette et non une ligne droite. La longueu cette chaînette dépend de la vitesse avec laquelle le câbl meut dans l'eau ; mais, même en tenant compte de ces circonstances, la force du câble est trois ou quatre plus grande que l'effort nécessaire par un beau temps po ramener d'une profondeur de 2 milles. C'est là d'ailleur excès de force qui est admis comme parfaitement suffi même pour les travaux d'art qui demandent de la solidité

C'est d'après des calculs semblables que j'ai pu écrire le *Times*, au mois d'août 1865, quand le câble anglais, mergé cette même année, semblait perdu (il ne fut relevé l'année suivante) : « Si le câble conserve sa force, comme probable, il pourra certainement être relevé. » Mainte que cette vue théorique a été confirmée par l'expérie les ingénieurs peuvent compter avec raison sur le succ l'extension de la télégraphie transocéanique.

Les tableaux suivants font connaître en détail la const tion du câble transatlantique français, dont la pose s'ac en ce moment : c'est une bande étroite de 3564 nœud long, et d'un peu plus d'un pouce de diamètre, dont les r juxtaposés couvriraient environ 50 acres (20 hectares).

Tableau III. — *Longueur et poids des matériaux du câbl transatlantique français.*

	Nœuds.	Tonnes (1).
Fil de cuivre	24948	533
Gutta-percha	3564	549
Fil de chanvre	»	500
Fil de fer homogène	27222	1872
Fil de fer ordinaire	9941	2855
Chanvre de Manille	136110	1286
Composition de Clark	881	652
Câble pour grandes profondeurs	2643	4366
Câble pour profondeurs moindres	921	3881
Câble total	3564	8247

1) La tonne anglaise vaut 1016 kilogrammes.

'ABLEAU IV. — *Longueur des câbles existants.*

	Nœuds.
'ransatlantiques anglais (deux)...........	3748
)e Malte à Alexandrie (deux).............	2254
;olfe Persique...........................	1308
lers de l'Europe.........................	1277
)ivers.......................... environ	1350
Longueur totale.....	9937

H. C. FLEEMING JENKIN,
Professeur à l'université d'Edimbourg.

duit de l'anglais par BATTIER. —

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XV

physiologiques de la morphine: mécanisme n action. — Effets sur la digestion; influence es ganglions sympathiques et sur les nerfs ifs. — Tolérance à la morphine.

la dernière leçon, nous avons fait quelques expé- nouvelles relativement au mécanisme de l'action de ine comparé à celui de l'action du chloroforme. On pas dire assurément que ces deux substances pro- les mêmes effets ; mais il y a cependant entre elles gies, puisqu'elles agissent toutes les deux sur le sys- veux et propagent leur influence jusqu'à un certain is le même sens, sauf l'intensité et la rapidité, qui nt de grandes différences.

rphine, comme le chloroforme, commence d'abord luire une exaltation fonctionnelle, suivie ensuite riode de résolution ou d'engourdissement organique ctérise son effet principal et final.

on donne de la morphine, la période sédative ou ation est quelquefois fort longue à se manifester. qui arrive notamment pour les grenouilles. Chez ces , on ne peut même constater que la période d'excita si longtemps qu'on attende, le sommeil ne se pro- . Il est vrai qu'on pourrait objecter qu'on ignore dorment les grenouilles, et si elles ont un sommeil e l'engourdissement hibernal ? Mais on peut répon- a qu'on sait très-bien comment dorment les oiseaux , et que cependant la morphine ne parvient pas à mir plus que les grenouilles. J'ai déjà eu l'occasion nontrer ces faits.

avant-dernière leçon (ci-dessus, page 506, numéro illet 1869), nous avons fait plusieurs expériences lir que l'action de la morphine porte sur certains cérébraux.

lons aujourd'hui reproduire avec la morphine quel- s des expériences que nous avons instituées avec forme, pour établir le mode de propagation de e cette substance. (Voyez ci-dessus, leçons VII, VIII et IX, pages 311, 334 et 347, numéros des 17 et 24 avril et 1er mai 1869).

Voici d'abord une grenouille qui a subi, il y a environ trente heures, une ligature placée derrière les bras et embrassant la totalité du corps, sauf la moelle épinière. Elle n'a du reste reçu aucune injection de matière toxique. Nous la prenons comme point de comparaison. Vous voyez que la peau présente une teinte anémique, résultant de l'interruption de la circulation du sang ; mais l'effet se borne là.

Voici maintenant une deuxième grenouille qui a subi en arrière des bras une ligature exactement semblable à celle-ci. Nous injectons de la morphine dans le train antérieur, et nous voyons que l'action de cette substance (c'est-à-dire l'excitation (puisque c'est le seul effet de la morphine que nous puissions observer sur les grenouilles) se propage dans le train postérieur, quoique la ligature ait été pratiquée derrière les bras pour empêcher le sang de transporter la morphine dans cette région du corps. Il y a donc là un effet d'influence du cerveau sur la moelle épinière que nous avons déjà constaté pour le chloroforme.

Enfin, prenons une troisième grenouille, toujours opérée de la même manière, par une ligature faite en arrière des bras. On lui injecte de la morphine, non plus dans le train antérieur, sous la peau du cou, mais dans le train postérieur, sous la peau du ventre. L'action excitante se produit dans le train postérieur où le sang morphiné peut encore se répandre par des oscillations capillaires, mais elle ne se propage pas au train antérieur, à la tête et aux pattes de devant ; en un mot, elle ne remonte pas. C'est encore un résultat semblable à celui que nous avons constaté pour le chloroforme dans une expérience analogue.

On voit donc que sous le rapport du mode de propagation de l'action, le chloroforme et la morphine paraissent se comporter de la même manière.

Je passe maintenant à une autre question, l'action de la morphine sur les phénomènes de la digestion.

Dans l'avant-dernière leçon (voyez ci-dessus, page 507), nous avons montré, par une expérience comparative, que l'injection de 10 centigrammes de morphine dans le jabot d'un pigeon arrêtait la digestion pour un temps assez long.

Reprenons aujourd'hui cette expérience en la disposant d'une manière un peu différente.

Voici trois pigeons choisis dans des conditions comparables et qui venaient tous de manger, au commencement de l'expérience, une quantité à peu près égale d'aliments. Le premier n'a pas reçu de morphine ; il doit nous servir de point de comparaison. Vous voyez que la digestion a suivi chez lui son cours régulier, et qu'en ce moment-ci le jabot est vide.

Le second a reçu 4 centigrammes de morphine en injection sous la peau. Chez celui-ci, la digestion n'a pas eu lieu, et le jabot est encore complétement plein.

Le troisième a reçu, également sous la peau et dans les mêmes conditions, 2 centigrammes seulement de morphine. La digestion ne s'est pas faite non plus chez lui, et le jabot est resté plein à peu près comme chez le second.

Dans ces expériences vous constatez d'abord que l'effet perturbateur de la morphine sur la digestion se produit avec des doses bien inférieures à celles que nous avions employées, et vous voyez ensuite qu'il n'est pas nécessaire que la substance soit injectée directement dans l'estomac. On

(1) ...z ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 392, 446 et 504, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 0, 17 et 24 avril, 1er, 15, 22 mai, 12 juin et 10 juillet 1869.

obtient également le même effet avec une injection poussée dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Nous aurions pu reproduire les mêmes expériences sur des chiens en pratiquant une fistule stomacale pour constater à volonté l'état de plénitude ou de vacuité de l'estomac. Mais il est beaucoup plus commode d'opérer sur des pigeons, parce qu'il suffit de tâter le jabot à l'extérieur pour sentir s'il est plein ou vide.

Cette action de la morphine sur la digestion est très-importante à connaître au point de vue de la pratique physiologique. Si l'on voulait, par exemple, faire des expériences sur les liquides digestifs, et qu'on recourût à la morphine comme moyen contentif des animaux à expérimenter, on emploierait une très-mauvaise méthode, qui empêcherait d'obtenir de bons résultats; en effet, les sécrétions des sucs gastriques et intestinaux, de même que les mouvements des tubes digestifs, sont profondément modifiés par l'influence de la morphine. Il y a donc là une contre-indication pratique absolue dont le physiologiste devra prendre soin de tenir compte.

Mais nous avons aussi posé la question d'une manière théorique, en nous demandant s'il y avait là une action générale ou une action locale et spéciale sur les organes de la digestion. On peut trouver des arguments divers dans les deux sens.

L'action de la morphine, comme celle du chloroforme, porte d'abord sur le cerveau, et finit, quand l'action est complète, par mettre l'animal dans le même état que si on lui avait supprimé le cerveau. Or, il faut avoir soin de distinguer entre la suppression brusque d'un organe et sa suppression lente: les effets sont loin d'être identiques dans les deux cas.

En elle-même, la suppression du cerveau n'empêche pas la digestion de s'accomplir. Ce point est démontré depuis longtemps, notamment par les expériences de Flourens. L'animal privé de cerveau peut vivre indéfiniment, pourvu qu'on lui ingurgite les aliments, qu'il ne sait plus aller chercher, mais qu'il digère très-bien une fois qu'ils sont dans son estomac. D'après des expériences récentes de M. Voit (voyez ci-dessus, page 25, numéro du 20 mars 1869), il semble même que le cerveau, complétement extirpé, est capable de se régénérer au bout de quelques mois; ce qui suppose avant tout une nutrition, et par suite une digestion active.

Mais quand on supprime brusquement le cerveau, par exemple en l'extirpant avec un bistouri ou par un autre moyen, il n'en est plus du tout de même. La digestion s'arrête alors pendant un certain temps, sauf à reprendre plus tard, si rien ne s'y oppose et si l'animal survit.

Eh bien, on pourrait supposer que la morphine agit sur le cerveau de manière à interrompre momentanément ses fonctions, comme le ferait une soustraction subite de l'organe. Sous le coup de cette action, le cerveau réagirait à son tour sur les intestins et arrêterait la digestion.

Malheureusement, les expériences propres à justifier ce point de vue sont fort difficiles à faire d'une manière concluante.

Dans les expériences que nous avons instituées précédemment, soit par injection de la morphine dans l'intestin (Jabit), soit par injection dans le tissu cellulaire sous-cutané, on peut dire sans doute, en faveur de cette explication, que la morphine, emportée dans la circulation, a touché le cerveau, et qu'elle a pu ainsi arrêter ses fonctions de manière que le contre-coup de cet arrêt retentisse dans les intestins sur la digestion. Mais il est facile de répondre en sens contraire, que si la morphine a touché le cerveau, elle a touché aussi les intestins eux-mêmes, et qu'elle a bien pu y produire soit directement, soit indirectement, par le sang, le phénomène observé, sans que le cerveau soit pour rien dans cet arrêt de la digestion.

Pour soutenir l'opinion de l'action cérébrale exclusive, on pourrait ajouter encore que la suspension de l'action cérébrale pendant le sommeil ordinaire, pendant le sommeil chloroformique et pendant le sommeil asphyxique, a le même privilége d'arrêter les phénomènes de la digestion. Mais, pour écarter directement l'action cérébrale, il faudrait pouvoir lier les vaisseaux de l'intestin de manière à en interdire l'accès à la morphine et à ne lui laisser toucher que le cerveau; il faudrait bien alors expliquer par l'influence positive ou négative de cet organe tout ce qui arriverait. Mais cette opération n'est pas possible, car, en liant les vaisseaux de l'intestin, on troublerait tous les phénomènes digestifs, et il ne serait plus possible d'y démêler l'influence de la morphine.

Ainsi, d'un côté on peut très-bien comprendre que l'action vienne du cerveau, car cet organe exerce une influence analogue dans d'autres cas; mais, d'un autre côté, on s'expliquerait tout aussi bien qu'elle porte directement sur les intestins, car on produit le phénomène en injectant de très-petites doses de morphine dans le tube intestinal ou son voisinage, et de plus diverses observations médicales semblent conduire aussi à cette conclusion.

Cependant on pourrait encore répondre que le cerveau du pigeon ne paraît guère atteint, puisqu'on n'observe pas de sommeil, tandis que l'action sur la digestion est très-énergique. Mais tout cela n'est ni assez précis, ni suffisamment concluant. Il faut donc rester dans le doute, car tant qu'on n'a pas d'expérience décisive, on doit savoir se maintenir dans cette situation expectative, afin de s'exciter à chercher, au lieu de s'endormir dans une opinion non justifiée.

On doit seulement faire des hypothèses pour chercher à comprendre quelles sont les diverses solutions possibles. C'est à ce titre que nous allons encore essayer de montrer qu'une action directe sur l'intestin s'expliquerait par un mécanisme fort simple, résultant des propriétés indépendantes des ganglions sympathiques.

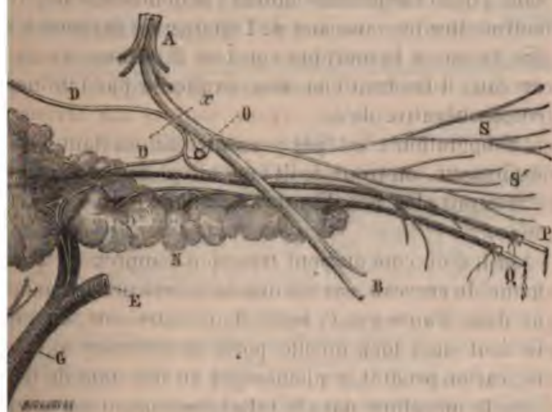
Bichat avait avancé que les ganglions du système nerveux grand sympathique constituaient des centres nerveux indépendants comme le cerveau lui-même. Cette opinion avait été assez généralement regardée comme fausse, parce qu'on avait trouvé de nombreuses connexions entre le système nerveux grand sympathique et le système nerveux cérébro-spinal; or, ces connexions semblaient naturellement avoir pour but de soumettre le grand sympathique à l'influence des centres cérébro-spinaux. Les faits anatomiques paraissaient donc contraires à l'opinion de Bichat; mais on ne pouvait pas dire qu'elle était fausse absolument: c'était une question d'expériences, et là les expériences négatives ne pouvaient pas infirmer les expériences positives qui viendraient à se produire.

C'est ainsi que je comprenais la question, et j'ai institué une expérience qui a été en partie la justification de l'hypothèse de Bichat, puisqu'elle a fourni le premier fait à l'appui de cette hypothèse. Il s'agissait de la glande salivaire sous-maxillaire, et, quoique cette expérience ait été faite depuis longtemps, je vais la rappeler ici.

Cette glande M reçoit du sang par un rameau de l'artère

profonde E; elle sert de point de départ à une tinée à emporter le sang qui a baigné son tissu, et ourvue d'un conduit excréteur P, par lequel la sa- maxillaire se déverse dans la bouche (fig. 67).

qui nous intéresse surtout, ce sont les rapports de nde avec le système nerveux. Elle reçoit du nerf ui est un nerf moteur, un rameau spécial DD, qu'on corde du tympan. Avant de pénétrer dans la glande illaire, la corde du tympan s'accole pendant quelque nerf lingual AB, nerf de la sensibilité générale et



La glande salivaire sous-maxillaire du chien et les nerfs en rapport avec montrer que cette glande peut entrer en sécrétion sous l'influence d'une exe dont le centre est dans le ganglion sympathique sous-maxillaire.

le salivaire sous-maxillaire. — N. Glande salivaire sublinguale. — excréteur de la glande sous-maxilllaire dans lequel on a introduit un Conduit excréteur de la glande sublinguale dans lequel on a aussi intro- . — AB. Nerf lingual provenant de la branche maxillaire inférieure de la ire nerveuse cérébrale (le trijumeau). — SS'. Rameaux du nerf lingual t dans la muqueuse buccale. — C. Nerf facial. — DD. Corde du tym- du nerf facial se distribuant dans la glande sous-maxillaire après s'être e temps au nerf lingual. — O. Ganglion sympathique sous-maxillaire. lion cervical supérieur. — G. Rameau nerveux allant du ganglion cer- ur à la glande sous-maxillaire. — E. Artère maxillaire profonde desser- le sous-maxillaire.

. Ce nerf lingual provient de la branche maxillaire e de la cinquième paire nerveuse cérébrale, le tri- et, après avoir distribué quelques rameaux SS' à la e buccale, il aboutit à la langue B, pour servir d'or- ial au sens du goût.

près du point où la corde du tympan D se sépare du al A, après s'y être accolée quelque temps, on trouve ganglion du système nerveux grand sympathique : nglion sous-maxillaire O.

on irrite la langue, c'est-à-dire le nerf lingual, par quelconque, on provoque aussitôt dans la glande llaire une sécrétion active dont il est facile de se e en recueillant le produit à l'extrémité du conduit P. Le phénomène s'explique très-bien par une trans- e l'action de l'extrémité du nerf lingual au cer- u cerveau à la glande sous-maxillaire par le nerf la corde du tympan. C'est la marche ordinaire des erveuses réflexes.

'on coupe la corde du tympan et le nerf lingual en x, devient impossible, et cependant la glande salivaire core à sécréter lorsqu'on irrite l'extrémité périphé- nerf lingual. Il faut éviter dans ce cas d'irriter le al avec un courant électrique, pour écarter l'objec- de courants induits qui iraient irriter directement périphérique de la corde du tympan. On peut em- ployer du sel marin, de l'éther, un pincement, car l'action des corps sapides ne produit pas, dans ces circonstances, la sécrétion salivaire.

Le seul moyen d'expliquer la sécrétion de la glande sous-maxillaire dans ce cas, c'était de supposer une action réflexe du nerf lingual sur la corde du tympan, action dont le ganglion sympathique sous-maxillaire serait le centre. C'est ce qui a lieu en effet; car, si l'on arrache le ganglion sous-maxillaire, la sécrétion ne se produit plus lorsqu'on irrite le nerf lingual, comme il a été dit précédemment.

Ce ganglion sympathique joue donc le rôle d'un petit centre indépendant; mais il ne jouit pas de cette autonomie d'une manière indéfinie, et il semble dépendre du cerveau pour sa propre nutrition. En effet, au bout de trois, quatre ou cinq jours après la section du nerf lingual, l'irritation du nerf lingual ne produit plus aucune sécrétion dans la glande sous-maxillaire.

On sait que les nerfs une fois séparés du cerveau dégénèrent : est-ce là ce qui empêche l'action de se produire, ou cela tient-il à la dégénérescence du ganglion lui-même? C'est là une question que je me réserve de suivre plus tard. Mais ce qui est parfaitement certain dès maintenant, c'est que le ganglion sympathique sous-maxillaire peut, au moins pendant un certain temps, agir, et par conséquent être affecté comme un centre indépendant.

Ce point de départ une fois démontré, quoi de plus naturel que d'admettre l'existence dans les intestins de ganglions sympathiques jouant aussi, dans des limites analogues, le rôle de centres, et que la morphine atteindrait comme elle atteint le cerveau? Il semble en effet que la morphine agisse sur les ganglions sympathiques, car j'ai constaté des faits qui paraissent démontrer son action sur le ganglion sympathique sous-maxillaire.

Ainsi, lorsqu'on soumet un chien à l'influence de la morphine ou du chloroforme, et qu'on essaye immédiatement ensuite de répéter sur lui l'expérience que je viens de vous exposer, cette expérience ne réussit plus. Cela n'indique-t-il point que la morphine a engourdi le ganglion sous-maxillaire, et lui a enlevé sa propriété relative à la sécrétion de la glande sous-maxillaire? Si cela se vérifiait expérimentalement, ce serait un point de contact de plus entre les deux systèmes nerveux.

La morphine, comme le chloroforme, avons-nous dit, ferait étouffer les propriétés des nerfs sensitifs. Il est facile de le démontrer en reprenant l'expérience sur la glande sous-maxillaire dont nous avons parlé déjà tout à l'heure.

Dans l'état normal, on provoque la sécrétion de la salive par cette glande en irritant la langue, c'est-à-dire le nerf lingual, nerf sensitif, par exemple avec du vinaigre ou un courant électrique. Lorsqu'on agit sur un animal morphiné, on n'obtient plus rien en irritant directement la langue avec ces mêmes excitants; en général on ne réussit guère mieux en coupant le nerf lingual et en irritant son tronçon centripète. Mais la sécrétion se produit aussitôt, quand on irrite directement la corde du tympan. Le nerf sensitif semble donc éteint, et le nerf moteur conservé; il est vraisemblable qu'il se produit une action sur la cellule sensitive centrale d'où part le nerf lingual, puisque c'est toujours ainsi que cela se passe quand les nerfs sensitifs sont frappés.

Nous ne pouvons pas pousser plus loin ces recherches, parce que nous nous occupons surtout ici de la pratique physiolo-

gique et médicale. Mais à ce dernier point de vue, il est encore une question que nous devons examiner, c'est la tolérance à la morphine, par suite de l'habitude que prend l'organisme d'en supporter les effets.

On connaît l'histoire de Mithridate, qui en était arrivé à prendre impunément tous les poisons. Cela est vrai dans certaines limites. On s'habitue en effet aux poisons, ou du moins à la plupart des poisons, car on ne s'habitue pas à tous, et surtout on ne s'habitue pas dans la même mesure à chacun d'eux.

Ainsi, on ne s'habitue jamais au curare ; on conserve toujours le même degré de susceptibilité pour ce poison. Au contraire on semble s'habituer assez vite au chloroforme. La première fois qu'on subit l'action de cet anesthésique, il en faut beaucoup moins que les fois suivantes pour amener l'anesthésie ; plus tard, la première dose ne produirait plus aucun effet, et l'on est obligé de l'élever notablement.

Pour la morphine, ce phénomène de tolérance est très-marqué. On peut, par un usage progressivement croissant, arriver à supporter des doses énormes qui auraient empoisonné certainement au début. Je suppose, bien entendu, qu'on expérimente sur un individu à l'état normal. Dans certains états pathologiques, la tolérance se manifeste du premier coup, et avec des proportions tout à fait étonnantes. Mais alors il s'agit de cas très-différents, puisque les conditions physiques sont changées. Magendie a observé ce fait dans la rage ; on l'a également constaté dans le tétanos, je crois, et aussi chez des aliénés, c'est-à-dire dans des conditions où le système nerveux est atteint par des conditions morbides qui ont modifié ses propriétés.

Nous supposons donc que l'individu observé reste à l'état normal. Comment s'expliquer alors les effets quelquefois si surprenants de l'habitude ? Il est clair que nous voulons parler ici d'une explication physiologique. Faut-il penser qu'après le réveil du sommeil narcotique, il reste encore dans les nerfs une petite quantité de morphine ? ou bien faut-il admettre que les nerfs se sont engourdis, et sont en quelque sorte abaissés dans l'organisme au point de vue de leurs propriétés physiologiques, ce qui expliquerait pourquoi il faut pour les narcotiser une dose plus forte de morphine ?

On sait en effet et l'on peut rappeler dans le sens de cette dernière hypothèse, que, pour empoisonner un nerf engourdi et dégradé dans ses propriétés physiologiques, il faut une quantité de substance toxique bien plus grande que pour un nerf placé dans des conditions ordinaires ou exalté par la chaleur de l'été. C'est ce qui s'observe par l'effet des poisons sur les animaux à sang froid (grenouilles) pendant l'hiver et pendant l'été. Ce que je viens de dire de la morphine, je l'ai constaté moi-même avec de la strychnine.

Mais maintenant, comment faudrait-il expliquer cet abaissement organique des nerfs, qui deviendrait la cause de l'assuétude à la substance toxique. Cet effet dépendrait-il de ce qu'il resterait pendant longtemps une certaine quantité de morphine qui entretiendrait les nerfs dans cet état de moindre excitabilité ?

A ce propos, je vous rappellerai des expériences que j'ai faites autrefois sur l'absorption et l'élimination des substances toxiques et médicamenteuses.

On croit généralement que les substances étrangères s'éliminent très-vite de l'organisme. Mais cette opinion, assez généralement répandue, n'est pas toujours fondée, car des substances faciles à éliminer peuvent rester dans l'organism semaines et même des mois entiers. J'ai constaté ce fait manière certaine dans des expériences faites avec l'iodu potassium, substance très-employée en médecine.

L'iodure de potassium s'élimine surtout par les reins, à-dire avec les urines. Or il arrive un moment où le n'en élimine plus et où il en reste cependant encore dans nomie. Il ne faut pas s'étonner de ce fait. Le pouvoir é natoire des organes n'est jamais absolu, et il arrive tou un moment où la proportion d'une substance quelconque tenue dans l'organisme devient trop minime pour conti à être éliminée ; on pourrait facilement le pressentir q même on ne l'aurait pas constaté directement : en effe en était autrement, le sang ne pourrait jamais conserv composition normale.

Mais, de plus, les divers organes éliminatoires ne son également sensibles à l'élimination de chaque subst Ainsi, pour l'élimination de l'iodure de potassium, les gl salivaires et intestinales sont plus sensibles que les rein sorte qu'elles continuent encore à éliminer cette subst quand la proportion contenue dans le sang n'est plus suffi pour mettre en jeu la fonction éliminatoire des reins. facile de le constater en recueillant directement la saliv sortie des glandes ; on voit alors qu'elle contient toujou l'iodure de potassium alors que les urines n'en accusent la moindre trace.

Seulement les sécrétions salivaires et intestinales ton dans le tube digestif, où elles sont de nouveau absorbée sorte que les glandes salivaires n'éliminent l'iodure de p sium que pour le rendre aussitôt à l'organisme ; et l'iodu potassium peut suivre presque indéfiniment ce circuit que la proportion contenue dans l'économie diminue trè siblement. J'ai constaté en effet qu'au bout de six sema on y trouvait encore de l'iodure de potassium. Mais il y moyen de l'éliminer tout de suite, c'est d'administrer à mal un violent purgatif qui entraîne les liquides du canal i tinal, sans leur laisser le temps d'être absorbés de nouv

Quoi qu'il en soit, on ne peut guère, dans l'état actu nos connaissances, expliquer la tolérance à la morphine qu l'une ou l'autre des deux hypothèses que nous avons indiq

L'expérience du purgatif exécutée après l'administrati la morphine ferait disparaître, on peut le supposer, la m cation organique capable d'opérer la tolérance, et perme de vérifier la justesse de notre hypothèse. Nous n'avon encore eu le temps de faire cette expérience, mais no ferons sans doute plus tard.

Il ne faut donc pas se borner à constater les faits, il encore les comprendre et les expliquer. La science ex mentale est essentiellement explicative, et toute scien consiste même, à vrai dire, que dans les explications des Ici nous poursuivons, ainsi que vous le savez, un double et je me résumerai en vous disant : que ce que nous dit de la morphine suffit à la pratique des moyens conte et, quant aux questions théoriques, nous avons suffisam indiqué qu'elles pouvaient donner lieu encore à bien de cherches intéressantes pour encourager les médecins physiologistes à les entreprendre.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈ

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

// REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 35 — 31 JUILLET 1869

Paris, 30 juillet 1869.

On sait qu'à la Société royale de Londres, les élections de membres nationaux se font en une seule fois, chaque année, dans une séance spéciale. Cette séance vient d'avoir lieu il y a quelque temps. La Société a élu les savants dont les noms suivent :

Sir SAMUEL W. BAKER.	SAINT-GEORGE MIVART.
JOHN J. BIGSBY.	JOHN RUSSEL REYNOLDS.
CHARLES CHAMBERS.	Sir ROBERT SPENSER ROBINSON.
WILLIAM ESSON.	JAMES FRANCIS TENNANT.
GEORGE CAREY FOSTER.	WYVILLE THOMSON.
WILLIAM W. GULL.	H. E. LANDOR THUILLIER.
J. NORMAN LOCKYER.	EDWARD WALKER.
JOHN ROBINSON MC CLEAN.	

Sir Samuel Baker est l'ardent explorateur des sources du Nil, dont la *Revue des cours littéraires* a publié, l'année dernière, une importante conférence sur l'Abyssinie.

M. Gull est un des médecins les plus distingués de Londres; nous avons publié de lui, au mois de décembre dernier (tome VI, page 25, 12 décembre 1868), une lecture sur la *médecine clinique contemporaine.*

M. Norman Lockyer vient d'attirer d'une manière toute spéciale l'attention du monde savant par ses travaux sur l'étude spectrale du soleil, et en particulier des protubérances rosacées. Il poursuit en ce moment d'autres travaux dans le même sens, de concert avec M. Frankland.

Le major J. F. Tennant est un des astronomes anglais qui ont reçu la mission d'étudier la grande éclipse totale de soleil du mois d'août 1868.

M. Wyville Thomson a dirigé, avec M. Carpenter, la grande expédition d'exploration maritime organisée par la Société royale de Londres, et sur laquelle nous avons publié, il y a peu de temps (10 juillet 1869, page 498), une conférence de M. Carpenter.

— On vient d'organiser à Amsterdam une exposition ouvrière internationale qui a très-peu attiré l'attention de la presse française, quoiqu'elle présente un vif intérêt pratique et promette d'être des plus instructives.

Le roi n'ayant pu l'ouvrir lui-même, par suite de l'état de sa santé, cette cérémonie a eu lieu le 15 juillet sous la présidence de l'héritier présomptif, le prince Henry, en présence des ambassadeurs et des commissaires des diverses puissances. Le soir, un banquet, présidé aussi par le prince Henry, réunissait les membres du corps diplomatique, du comité hollandais d'organisation et des diverses commissions étrangères, un certain nombre d'exposants et de journalistes, etc. A la séance d'inauguration, comme au banquet, on a prononcé beaucoup de discours qui avaient tous pour sujet l'amélioration du sort de l'ouvrier et les moyens de lui procurer à bon marché une satisfaction aussi large que possible de tous ses besoins matériels et moraux. Toutes ces fêtes avaient un caractère frappant de cordialité et de simplicité qu'on n'est pas habitué à trouver dans les solennités de ce genre, surtout en France.

Le palais de l'industrie où se tient cette exposition n'a pas été construit pour la circonstance. C'est un édifice qui sert, en temps ordinaire, à de grands concerts et d'autres réunions nombreuses. Il ressemble assez au Palais de cristal de Londres (de 1861) et au palais de Sydenham; mais il est beaucoup plus petit.

L'exposition anglaise était presque complétement organisée le jour de l'ouverture, grâce à l'activité déployée par le secrétaire général de la commission, M. Simmonds. Quant à l'exposition française, elle est encore presque complétement vide en ce moment. Aucun représentant de la France n'assistait aux fêtes de l'inauguration; et, à la réunion générale de tous les commissaires qui eut lieu le lendemain, il n'y avait encore qu'un seul commissaire français.

— L'Association Britannique ouvrira son congrès annuel à Exeter, le 18 août prochain, sous la présidence de M. G. Stokes, professeur à l'université de Cambridge. Les secrétaires généraux sont MM. Hirst et T. Thomson, et le secrétaire adjoint, M. G. Griffith, à qui doit être adressée (1, Woodside, Harrow) la notice des lectures qu'on se propose de faire au congrès. Les secrétaires locaux sont MM. Henry S. Ellis, J. C. Bowring et le Rév. R. Kirwan. Il est probable que la proximité relative d'Exeter décidera un certain nombre de savants français à se rendre cette année au congrès de l'Association Britannique.

— M. Charles Sainte-Claire Deville a présenté à l'Académie des sciences un rapport adressé au ministre de l'instruction publique (c'était encore M. Duruy), sur la fondation d'un observatoire terrestre comme la plupart des nations de l'Europe en possèdent déjà depuis longtemps. On trouvera plus loin la partie la plus importante de ce rapport.

En attendant que le conseil d'État et le Corps législatif aient voté les fonds nécessaires à la constitution de cet établissement, M. Duruy était parvenu à l'organiser en partie avec les ressources ordinaires de son budget, et il a commencé à fonctionner, depuis le commencement de juin, sous la direction de M. Ch. Sainte-Claire Deville. Les observations météorologiques se font huit fois par vingt-quatre heures et comprennent la pression barométrique, la température de l'air à l'ombre et au soleil, la température à $0^{m},10$ au-dessus et au-dessous du sol, l'état hygrométrique, la pluviométrie, l'état du ciel et les vents.

SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE PARIS

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE (1)

M. E. DALLY

Éloge de Boucher de Perthes

Ce n'était pas à moi que devait revenir l'honneur de parler devant vous de l'homme célèbre dont la vie si bien remplie sollicitait un plus digne historien. Plus d'un parmi vous eût pu dire avec une parfaite compétence ce qu'était l'homme, ce qu'est son œuvre, et jusqu'au dernier moment j'ai espéré que l'un des savants archéologues que la Société compte dans son sein voudrait bien se charger de la tâche que j'essaye d'accomplir aujourd'hui.

Cette tâche à tous les points de vue est difficile, et j'espère que vous m'en tiendrez compte. Si, en effet, par tous les côtés scientifiques la figure originale de Boucher de Perthes prête à l'admiration, par tous les côtés aussi elle prête à la critique, sauf par un seul peut-être, l'amour passionné du vrai, qui est le fond même de la science. C'est cet amour, associé à une vive intuition des faits particuliers et à une indomptable persévérance, qui a conduit celui qui fut notre collègue à la gloire de donner son nom à l'une des découvertes les plus importantes et les plus fécondes que la science de l'homme ait accomplies de nos jours.

Cette découverte, ce n'est point toutefois Boucher de Perthes qui l'a faite le premier. Mais le premier il lui a donné son véritable sens, le premier il l'a reliée à un ensemble majestueux de faits, le premier il en a fait ressortir toutes les conséquences historiques et archéologiques; en sorte qu'il est rigoureusement juste de dire qu'il est le fondateur de la science de l'industrie primitive des hommes, et le promoteur de l'idée de la haute antiquité du genre humain sur la terre.

Si, à ce titre, Boucher de Perthes nous appartient, il est un des nôtres à un titre plus intime. Dès que la Société d'anthropologie fut organisée, il prit part à ses travaux, et l'une des premières discussions qui aient eu lieu dans son sein a eu pour sujet « l'existence d'une race d'hommes contemporaine des animaux perdus ». Dans la séance du 3 novembre 1859, M. Georges Pouchet eut l'honneur d'exposer à la Société les recherches de Boucher de Perthes, et Isidore Geoffroy, renchérissant sur l'adhésion publique que donnait à ses découvertes notre savant collègue, traçait en termes chaleureux l'histoire des travaux du savant d'Abbeville. A la séance suivante, Boucher de Perthes prit une part personnelle à cette controverse ; dans une lettre pleine de faits et de dates, il marqua toutes les phases de ses études, et offrit à la Société ses importants écrits sur les questions qui ressortissent à l'anthropologie. En 1860, il fut élu avec Serres membre honoraire de la Société. Ce furent les deux premiers de nos illustres collègues honoraires.

Depuis lors, la part que Boucher de Perthes prit directement ou indirectement à nos travaux est considérable, et je me bornerai à mettre en note ce qui, dans les dix volumes de nos *Bulletins* et dans nos *Mémoires*, est dû à Boucher de Perthes ou se rattache à son œuvre. C'est donc avec un orgueil légitime que nous avons le droit de prononcer ic[i le] nom de notre regrettable collègue, et de réclamer pour [sa] mémoire ce souvenir reconnaissant qui est le culte [des] hommes de bien.

Jacques Boucher de Crèvecœur de Perthes naquit à Re[thel] (Ardennes), le 10 septembre 1788, d'une famille que l'on [fait] remonter à la souche maternelle de Jeanne d'Arc. Son p[ère,] directeur des douanes, le dirigea vers la même carrière, [qui] avait alors une importance considérable et un caractère s[emi-]militaire qu'elle a heureusement perdu de nos jours. A[ussi] la jeunesse de Boucher ressemble plutôt à celle d'un so[ldat] ou d'un marin qu'à celle d'un homme de lettres. Dès 1[8..] il parcourt l'Italie et l'Allemagne et ne revient en France, [en] 1811, que pour occuper des emplois actifs dans le service [des] Côtes-du-Nord et de l'Ouest. Il débuta dans la carrière l[itté]raire par un roman auquel succédèrent en grand nom[bre] des comédies et des tragédies empruntées aux époques et [aux] sujets les plus variés. En 1830, il éveilla l'un des prem[iers] l'attention sur les trésors poétiques et légendaires de la [Bre]tagne, et publia, au milieu du mouvement romantique, [des] *Chants armoricains*, romances, légendes et ballades. [En] toutes choses, Boucher de Perthes fut initiateur. En 1[...] dans les *Opinions de M. Christophe sur la liberté de comm[erce]* notre auteur proposa l'établissement du libre échange, — qui pour un douanier ne manquait pas de bardiesse, — jeta les bases d'un projet d'exposition universelle intern[atio]nale, idée qui fut reprise sans plus de succès par son au[teur] en 1833, dans les *Mémoires de la Société d'émulation*. De [ce] temps datent une série d'écrits satiriques sur les abus a[dmi]nistratifs, écrits qui décidèrent, paraît-il, de nombreuses [ré]formes. Cette veine économique se prolonge jusqu'à l'[...] époque où il fit paraître un petit volume plein de vérités [amu]santes: *Petites solutions des grands mots*, et quatre vol[umes] considérables: *Hommes et choses*, qui ne furent complétés q[u'en] 1850. Je ne saurais avoir ici l'ambition de faire une bibli[ogra]phie complète des œuvres littéraires de Boucher de Per[thes,] et cependant je ne puis omettre de signaler, pour montr[er la] prodigieuse activité de son esprit, les huit ou dix volumes [qui] renferment le récit des nombreux voyages qu'il entr[eprit] dans les différentes contrées de l'Europe, lorsqu'il pr[it sa] retraite avec le grade de directeur des douanes (1850) ; [ces] huit volumes qui contiennent le récit détaillé de sa vie et ont pour titre : *Sous dix Rois* (1863-1867). Ajoutons en[core] les deux volumes anecdotiques : *Portraits de mes connais[san]ces*, et nous trouverons au total de notre fécond auteur prè[s de] quarante volumes, sans compter les innombrables disc[ours] que, comme président de la Société d'émulation de 18[..] 1860, Boucher de Perthes prononçait fréquemment de[vant] ses collègues.

Au sein de cette activité insatiable, chez un fonctionn[aire] qui devait une partie de son temps à ses devoirs adminis[tra]tifs, quelle place pouvait tenir la science? Elle tenait une pl[ace] énorme qui confond singulièrement les notions que l'on [peut] se faire des limites de l'activité intellectuelle. En effet, ta[ndis] que de Perthes dirigeait à la fois les douanes, les Sociétés [sa]vantes et les institutions de bienfaisance d'Abbeville, — [ce] ne sont pas les moindres de ses bonnes œuvres, — il écri[vait] des satires économiques et morales, et composait un va[ste] ouvrage en cinq volumes qui parut en 1841 sous le titre : *[De] la création, Essai sur l'origine de la progression des êtres.* [Cet] ouvrage, dont l'auteur nous a fait hommage dans une des p[...]

---

(1) Voyez, dans notre avant-dernier numéro, page 522, une lecture de M. P. Broca sur les *Études anthropologiques depuis dix ans en Europe et en Amérique*, faite à la même séance.

séances de la Société, repose, comme le *Cosmos* de Humsur l'une des conceptions les plus vastes que puisse emr l'esprit humain. Ecrit avec une chaleur peu commune emé de pages aussi savantes que les plus savantes, aussi ntes que les plus éloquentes, plus hardies que les plus s peut-être, cet ouvrage débute par un aveu où l'on ne e chercher de l'orgueil ou de l'humilité, mais où l'on cette grande qualité qui se fait rare, la sincérité. « Ce va lire dans cet *Essai*, dit l'auteur, est peut-être la ion de ce qu'on a dit, car je suis complétement ignoce qui a été publié sur cette matière. Aucun savant ne parlé et je n'ai pas lu les livres qui en traitent, mais que mes yeux ont vu j'ai considéré la nature. Ce sont pressions que j'en ai reçues que je m'efforce aujoure reproduire. » L'homme est là tout entier. Comme tre célèbre qui écrivait sur le livret des salons, élève *Nature*, Boucher de Perthes repousse toute école et liation. Il est lui aussi un élève de la nature ; mais il y ture intime et la nature extérieure, et trop souvent otre auteur l'impression était plus vive que ne le tait la réalité. Aussi peut-on dire que les cinq volumes *Création* sont plutôt de la création de leur auteur. t sans méthode de Dieu à la terre, de la terre à e, de l'homme à ses facultés, au juste et à l'injuste, e arbitre aux beaux-arts, de la vie à la mort, de la l'éternité, de la progression terrestre des êtres à leur sion extra-terrestre. Sur ce problème, qui a séduit et si grand nombre d'esprits éminents, on ne peut lire, être frappé, des pages saisissantes toutes imprégnées e vigueur métaphysique qui dominait les travaux de *ui nous* ont devancés dans la recherche du vrai, et dont rts ont souvent porté l'esprit de prime abord à des s où l'étude patiente des faits nous ramène plus tard. e temps était venu où Boucher de Perthes allait abanles contemplations subjectives. Déjà il se demandait, er répondre, « si cette tension continuelle de l'âme pas obscurci son intelligence » (*De la création*, t. X, Et par une heureuse réaction qui fréquemment se dans les esprits bien doués et livrés à leurs propres nents, Boucher de Perthes fut rejeté de l'ombre prédes choses dans l'étude des faits.

re à l'idée capitale de l'existence intellectuelle de ollègue, idée qui désormais dominera sa vie et le ra à notre Société. Dans le livre dont je viens de tretenir, Boucher avait dit que tôt ou tard on finirait ver dans le diluvium, à défaut de fossiles humains, s d'hommes antédiluviens ; c'est à cette tâche qu'il se lésormais, c'est dans cette voie que se dirigeront ses es : je veux parler de la découverte de l'industrie prit de la constatation de la haute antiquité des races es. Qu'il me soit permis d'en relater les traits princis avoir l'ambition de rien omettre, mais avec le dée exact.

ne note ajoutée à son principal ouvrage (*Antiquités*, etc., page 361), Boucher de Perthes reporte à l'année idée que des silex travaillés pouvaient bien se trouver bancs tertiaires ». C'était « un jour d'été », en examie carrière de sable. Mais des années se passèrent, il, sans rien trouver qui confirmât mon idée. Pendant , ce qui était plus qu'une idée, les faits de John Frère t découvert des silex travaillés à Hoxne (Suffolk) dès 1797 (voyez *Archéologia*, t. XIII, 1800, et Lubbock, *L'homme avant l'histoire*, page 273) disparaissaient du souvenir des hommes et ne devaient être retrouvés que soixante ans plus tard par M. Evans, au retour de son excursion à Abbeville.

Boucher de Perthes, qui ignorait complétement que les silex de John Frère fussent déposés au musée des Antiquaires de Londres (le monde entier l'ignorait), fouilla des gisements quaternaires pendant des années sans rien trouver. Un jour enfin (il n'indique point de date), il crut reconnaître sur un silex des traces de travail qui parurent à tous les archéologues purement accidentelles. Mais ce ne fut qu'en août 1844 qu'il fit constater par un procès-verbal signé par Forteguerre, — qui ne savait pas signer, — et Courbet, terrassier, — deux noms prédestinés, comme on voit, — la découverte de plusieurs silex travaillés, dans une couche de diluvium inférieur située à $4^{m},33$ au-dessous du sol. Ce silex figure aujourd'hui au musée de Saint-Germain.

« L'idée » de Boucher de Perthes était alors des plus simples et si parfaitement d'accord avec les croyances traditionnelles les plus répandues dans notre hémisphère, qu'en vérité, sans l'étroite interprétation donnée par Cuvier à la chronologie géologique, personne n'aurait songé à la contester. Boucher de Perthes croyait au déluge biblique revu et approuvé par Cuvier ; il se disait très-légitimement que, puisqu'il y avait eu des hommes avant celui qui planta la vigne et repeupla la terre, on devait en retrouver les traces. Les silex qu'il voulait découvrir et qu'il découvrait étaient des traces d'hommes antédiluviens, c'est-à-dire antérieurs à une date que Cuvier ne faisait remonter qu'à cinq ou six mille ans. Ces hommes avaient précédé les Gaulois. « Il y a donc au-dessous du sol gaulois un sol à explorer, des débris à étudier, et sous ceux-ci peut-être d'autres débris qui ne datent pas seulement de vingt siècles, mais de trente, mais de quarante, mais de cent » (tome I, page 19). L'idée de donner cette date aujourd'hui insignifiante à l'existence de l'homme sur la terre parut à cette époque audacieuse et téméraire. Cuvier n'avait-il pas déclaré « que l'un des résultats les mieux prouvés de la saine géologie » était que ce qu'il appelle prudemment « nos sociétés actuelles » ne pouvait être très-ancien ? N'avait-il pas dit que notre globe avait été victime d'une grande et subite révolution dont la date ne peut remonter beaucoup au delà de cinq à six mille ans ? N'avait-il pas éliminé l'homme du nombre des habitants antérieurs à cette catastrophe, malgré les preuves apparentes et nombreuses que lui apportaient de temps à autre les Schloth, Tournal et Christol, les Boué, les Schmerling ? Il est vrai que, par une attention à laquelle certains transformistes seront sensibles, le célèbre conseiller d'État avait mis les singes en compagnie de l'homme, ce qui, à la rigueur, aurait pu consoler nos voisins d'être venus si tard au monde ; mais les ossements de Neander, d'Engis, de la Naulette, etc., le gibbon de Sansan et les singes de Pikermi sont successivement venus contredire le grand paléontologiste dans le même temps que la doctrine des causes lentes actuelles prenait la place des catastrophes imaginaires qui avaient, disait-on, bouleversé le globe. Boucher de Perthes avait donc à lutter contre l'influence du maître, influence d'autant plus puissante qu'il n'était plus là pour faire concorder ses doctrines avec les faits nouveaux. On sait que les disciples sont toujours plus tenaces que leurs maîtres. D'ailleurs, les faits recueillis par Boucher de Perthes n'ont pas été tout d'abord parfaitement évidents ; ses premières fouilles métho-

SOCIÉTÉ DES ARTS DE LONDRES

CONFÉRENCES SUR L'INDE

M. P. L. SIMMONDS

La sériciculture et la production de la soie dans l'Inde

J'ai été invité à ouvrir, par quelques remarques générales sur la sériciculture et la production de la soie dans l'Inde, cette séance consacrée spécialement à ce sujet.

Il existe bien des savants possédant sur cette question des notions plus élevées que les miennes; aussi ai-je peine à m'expliquer ce qui m'a valu l'honneur d'être choisi pour ouvrir la discussion sur cette question vraiment importante. Du moins puis-je dire cependant que ce sujet est un de ceux qui ont fixé depuis longtemps mon attention. En effet, si l'on se reporte à la collection du journal de la Société (*Journal of the Society of Arts*, tome III, page 203), on verra que, il y a quatorze ans, dans cette même salle, j'ai parlé assez longuement sur la production de la soie dans l'Inde, à cette séance où M. Dickins a lu un mémoire si complet sur le *Ver à soie et ses produits considérés au point de vue commercial* (1). Il est vraiment curieux que M. Dickins et moi, qui ne nous sommes pas trouvés réunis depuis cette époque, nous soyons aujourd'hui très-étroitement liés, comme membres actifs d'une association pour l'encouragement de la production de la soie, la *Silk supply Association*, récemment formée à Londres. Cette société a pour but de stimuler la production de cette importante matière première dont dépendent non-seulement la prospérité de milliers de personnes dans ce pays, mais aussi le confort et le bien-être de tant d'artisans et de travailleurs habitant des pays éloignés (2).

En 1808, à un meeting du commerce de la soie tenu à Weaver's Hall, il était unanimement reconnu « que la soie du Bengale était devenue d'une haute nécessité pour certaines branches de l'industrie, et qu'elle avait été démontrée tout à fait propre à des usages auxquels on ne pensait pas antérieurement qu'elle pût être employée. »

Bien que l'extension de notre commerce avec la Chine et le Japon ait déterminé une augmentation considérable des approvisionnements que nous fournissent ces contrées de l'extrême Orient, et que la production de la soie sur le continent ait été fortement encouragée, les besoins du monde civilisé (3) sont tels, que la soie du Bengale est de plus en plus demandée, et elle a pu subir une amélioration réelle au point de vue matériel. Toutefois il reste encore beaucoup à faire pour la quantité comme pour la qualité. Notre importation tot[ale] de l'année dernière s'élève à près de 7 millions [...] mais cette importation est d'un million un quart [...] de celle que nous avions reçue en 1858.

La soie du Bengale était originairement de qualit[é] inférieure et dévidée sans aucun soin. En 1757, la [...] des Indes orientales chargea M. Wilder d'aller dans l[...] améliorer le dévidage de la soie, et envoya en 1769 d[...] européens comme tordeurs, dévideurs et mécani[...] plantations sur lesquelles a lieu l'élevage des ve[rs] reste toutes dans le Bengale et au sud du 26e degré [...] nord. En effet, les provinces du nord-ouest sont tr[...] et trop sèches pour le ver à soie, ainsi que l'a si [...] M. le docteur Royle.

Des expériences ont été faites il y a quelques an[...] la partie occidentale de l'Inde, sous la direction d'[...] M. Mutti, pour y introduire la culture du ver à soie; [...] ont été abandonnées par suite de l'absence de bon[...] Toutefois une soie excellente a été obtenue dans le[...]

Le jury de l'exposition de Paris en 1855 a fait [...] dans son rapport que la sériciculture prenait de l[...] sur toute la surface de l'empire indien et même a[...] Suivant ce rapport, des sériciculteurs intelligents, [...] par de larges capitaux, ont monté depuis quelqu[...] des établissements modèles pour le dévidage d[...]

---

(1) La Société des arts a reçu en différentes occasions des communications sur la production de la soie. Dans les *Transactions* de la Société (volume II, page 173), nous signalerons notamment une communication de l'honorable Daines Barrington.

(2) Voyez le rapport d'un *meeting* de la *Silk supply Association* tenu à Londres le 18 février 1869, et inséré par extrait dans le *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 2e série, tome VI, p. 169.

(3) Voyez de Quatrefages, *Rapports du Jury international pour l'Exposition universelle de 1867, publiés sous la direction de M. Michel Chevalier*, t. XII, p. 430 et suivantes. Les données statistiques sont vraiment intéressantes. A ce point de vue, nous croyons devoir insérer ici le tableau de la répartition des cocons dans le monde entier telle qu'elle est fournie par M. Dumas dans son rapport sur l'importance du procédé de grainage de M. André Jean, tout en reconnaissant que les chiffres n'en sont peut-être pas encore assez élevés sur certains points. Eussent-ils été exacts en 1857, ils ne le seraient [...] plus aujourd'hui.

France	108 600 000	
Italie	281 500 000	
Autres États et surtout Espagne	24 600 000	
Ensemble de l'Europe		414 [...]
Chine	425 000 000	
Indes	120 000 000	
Japon	80 000 000	
Perse	23 000 000	
Pays divers d'Asie	54 800 000	
Ensemble de l'Asie		702 [...]
Afrique		1 1[...]
Océanie		[...]
Amérique		[...]
		1 119 [...]

Il nous paraît notamment impossible d'admettre un chiffr[e] [...] élevé pour l'Amérique, si l'on tient compte du développemen[t de] la sériciculture, d'une part dans l'Amérique du Nord, not[amment au] Canada et en Californie, et d'autre part dans la partie tropical[e de l'Amé]rique du Sud notamment, d'après les rapports faits par M. [...] à la Société d'acclimatation et les renseignements qu[i ont] été fournis personnellement par M. Gomès de la Torre, [...] publique de l'Équateur. Il paraîtrait se constituer dans ce[tte] région une race bisannuelle qui resterait à l'abri de la mal[adie...] nir apprendra seul si ces espérances sont fondées. Quant à l[...] adoptons entièrement les réflexions de M. de Quatrefages s[ur...]tion trop faible de la production.

En Californie, d'après les renseignements fournis par le [...] *cisco Herald*, cité par le *Journal of the Society of Arts* [...] p. 378), la production totale des cocons en 1868 se sera[it...] 1 350 000, équivalents à 1917 livres, en calculant au taux [...] cons pour une livre, représentant une valeur de 3676 dollars [...] auxquels il faut ajouter 10 800 dollars pour la récolte de gr[aines de]mandées au marché. Et l'on s'attendait cette année à une au[g]mentation. (A. [...])

(1) Voyez le *Rapport du jury de l'exposition universelle* [...] p. 1044. A la page 1045, le rapport sur les soies payait un j[uste tribut] d'éloges à la magnanerie de Sainte-Tulle, dirigée par MM. G[uérin-Mé]neville et Eugène Robert, et à la collection des diverses [...] à soie exposée par M. Guérin-Méneville, qui donnait [...] sources que ces lépidoptères pouvaient fournir à l'in[dustrie...] on sait que l'Inde y était [...]entée entre aut[...]

ns. La soie exposée parmi les autres produits si variés de agnie des Indes orientales a excité l'attention la plus use de la commission, et a montré le grand progrès i dans le dévidage de la soie du Bengale. Cette opéra-it antérieurement considérée comme impossible par la difficulté qu'on rencontre lorsqu'on veut intro-s améliorations dans ces régions éloignées. Lorsqu'on mpte de ce progrès, peut-on prédire quel sera l'avenir e dans l'Est? La Chine n'aura bientôt plus de barrières r aux conquêtes pacifiques et civilisatrices de l'indus-opéenne.

aton et fils m'informent que l'un des grands obstacles vaient amener des mécomptes dans la vente de la soie ale tend à disparaître rapidement : je veux parler de pulation des cocons par les natifs. Il s'élève mainte-tous côtés des plantations pour la nourriture des vers, ablissements industriels pour le travail de la soie, dans la manipulation est faite par des mains européennes, natifs, au lieu de dévider eux-mêmes les cocons oduisent, les vendent aux propriétaires des planta-établissements voisins. Ces cocons étant mis en ar le système italien, la soie tend à prendre une lus marchande, un état plus convenable pour entrer tains rapports en compétition avec la production nne; mais le cocon, étant relativement petit, ne four-nais une soie d'un nerf égal à celui que donnent les ortes. On peut cependant obvier tant soit peu à cet nient en introduisant de nouvelles graines du Japon, t plus que dans tous les pays les vers du Japon parais-n prospérer (1).

antité de soie livrée mensuellement à la consomma-le Bengale durant les trois dernières années s'est éle-noyenne à plus de 641 balles. Le poids net d'une soie du Bengale est en moyenne de 150 livres, mais petites balles qui ne pèsent que 105 livres (2).

. Wentworth, dans son rapport à la Société des arts sur ion italienne de 1861 à Florence, a constaté qu'il était nuellement en Italie, venant de l'Inde et de la Chine, ncipalement de ce dernier pays, et toujours en cocons, 984 tonnes, qui, à 2 shillings 4 d. 1/2, donnent une 'environ 241 000 livres sterling ou 6025000 francs (3).

Si, remontant en arrière, nous considérons les quantités de soie fournies annuellement par l'Inde, en commençant en 1820, nous trouvons que l'importation de la soie dans le Royaume-Uni (de Grande-Bretagne et d'Irlande) pendant l'année indiquée a été de 1 206 722 livres, ou près de la moitié du total des importations. Le chiffre le plus élevé est celui de 1829, qui monte à 2 116 596 livres. Les importations ont atteint plus tard une moyenne d'environ un million et un quart (avec une ou deux années exceptionnelles), jusqu'en 1853, où s'est produit une grande baisse : les importations sont descendues à 586 522 livres. Pour les dernières années jusqu'en 1859, le chiffre ne s'est vraiment pas élevé beaucoup plus haut, excepté en 1854, 1855 et 1858. Dans ces dernières années, les importations ont atteint un million de livres; mais cela tient aux expéditions faites par la voie d'Égypte. En tenant compte des marchandises passées par ce pays, les envois de soie de l'Inde s'élèvent de 3 à 5 millions, c'est-à-dire du tiers à la moitié de l'approvisionnement total.

En 1851, la quantité de soie exportée de toute la surface de l'Inde a été de 592 tonnes, représentant une valeur de 619 318 livres sterling: 31 tonnes ont été expédiées de la présidence de Bombay, et tout le reste du Bengale. La presque totalité a été envoyée en Angleterre, et une très-petite quantité en France, dans le golfe Arabique et le golfe Persique.

En 1861, la quantité totale de soie exportée a été de 873 tonnes, d'une valeur un peu moindre qu'un million de livres sterling. La France en a reçu un poids d'environ 213 000 livres. Les présidences de Bombay et du Bengale étaient encore les seules qui en eussent produit.

La valeur des objets en soie manufacturée exportés de l'Inde a beaucoup baissé. En 1851, il avait été expédié 634 024 pièces représentant une valeur de 355 223 livres sterling, dont la presque totalité était à destination du Royaume-Uni. En 1861, l'exportation n'était plus que de 211 542 pièces de la valeur de 122 787 livres sterling (1), et en 1865 la valeur des objets en soie exportés est descendue à 106 612 livres sterling. Les principales villes où se fabriquent les objets de soie dans l'Inde sont les villes de Peshawer, Lahore, Umritsir, Mooltan et la capitale de l'État voisin de Bhawalpore. Les objets de soie de cette dernière localité sont considérés comme les meilleurs; immédiatement après viennent ceux de Mooltan.

La valeur des objets de soie fabriqués dans le Pundjab a été estimée, il y a trente ans, à plus de 130 000 livres sterling, dont près de la moitié portait sur la matière brute. A Umritsir, il y avait 2200 ateliers de degrés différents d'importance, intéressés dans la fabrication des objets de soie, dont les produits pouvaient être évalués à 40 000 livres sterling. A Lahore, il y avait près de 1000 ateliers, et la valeur des objets manufacturés était de 20 000 livres sterling. Dans les districts de Mooltan et de Bhawalpore, on fabriquait une quantité d'objets de soie représentant une valeur de plus de 30 000 livres sterling, et une quantité presque supérieure venait du Jullundhur et des autres districts. Toutefois la quantité de soie brute produite dans le Pundjab est nulle ou à peu près nulle, et cette circonstance doit paraître d'au-

soie donnant des résultats assez satisfaisants. La magnanerie -Tulle, et plus tard le laboratoire de sériciculture comparée de e-Pont, annexe de la ferme impériale de Vincennes, ont été, agnanerie du Jardin d'acclimatation du bois de Boulogne, ières d'élevage pour l'introduction des nouvelles espèces de . Nous avons vu l'élevage du ver à soie de l'ailante prendre, t au laboratoire de sériciculture de Joinville, un assez grand ment. (A. D.)

s ne parlons pas seulement ici du ver à soie ordinaire, du *mori*, mais aussi des autres espèces de vers à soie du Japon. euses éducations d'*Antheræa yama-mai*, ou ver à soie du Japon, ont été faites en France, en Allemagne, en Suisse, e, etc., etc. La soie grége de l'*Antheræa yama-mai* est du rtée journellement du Japon, et le commerce en a déjà intro-ance des quantités considérables. On peut encore consulter, es du Japon et le commerce des graines de ver à soie du Ja-nseignements publiés par M. Simmonds dans le *Technologist* II, page 188) et par le *Journal of the Society of Arts* (notam-me XVII, page 60). (A. D.)

yez pour les détails Forbes Watson, *Classified and descriptive* , p. 100.

s renverrons ceux qui voudraient des détails sur l'industrie en Italie à l'*Italie économique en* 1867 (p. 84 et suiv.). l *of the Society of Arts* donne des renseignements fort intéressants (vol. XVII, p. 94) sur le commerce de la soie entre la France et l'Italie, et (notamment volume XVI, page 853) sur la production de la soie en Italie en 1868. (A. D.)

(1) Voyez, pour les détails, Forbes Watson, *Classified and descriptive Catalogue*, p. 215, et *The textile Manufactures and the Costumes of the people of India*, du même auteur.

tant plus singulière, que le sol, la contrée et le climat paraissent convenables à la culture du mûrier. La soie brute employée à Lahore vient principalement de Bokhara et de l'Afghanistan. La soie brute du Bengale et de la Chine est également employée ; la dernière provient du marché de Bombay.

Il est assez vraisemblable que les districts inférieurs du Pundjab ont été anciennement des centres de production de la soie ; en effet, les documents sur l'histoire ancienne nous apprennent que, à l'époque de Justinien, le territoire de Sirhind était un pays producteur de soie. Une série d'expériences a été faite il y a peu d'années par le gouvernement du Pundjab afin de s'assurer si les vers à soie pouvaient être élevés avec succès dans les plaines de ce pays ; mais ces expériences ont abouti à un insuccès : la chaleur et l'absence d'une quantité suffisante d'humidité ont rendu les vers presque stériles.

Des mémoires relatifs à l'extension de la culture de la soie dans le Pundjab ont été publiés de temps en temps dans l'Inde, où ils ont attiré l'attention au plus haut point. L'élevage des vers à soie y a commencé originairement en 1852, sous l'impulsion du secrétaire de la Société d'agriculture et d'horticulture du Pundjab, et fut encouragé avec la plus grande libéralité par l'administration locale aussi bien que par le gouvernement supérieur. Des raisons sur lesquelles il est inutile de m'étendre ont conduit à l'abandon des essais. Peu de temps après, M. H. Cope, d'Umritsir, a publié qu'un natif s'occupait avec succès de sériciculture dans le Goordaspoor Zillah depuis plusieurs années. Ce fait engagea M. Cope à renouveler ses tentatives en 1860, et il obtint 3 maunds et demi de cocons. Lord Canning envoya la soie en Angleterre, où elle attira la sérieuse attention de ceux qui s'intéressaient aux questions de sériciculture. En 1862, le gouvernement du Pundjab revint de nouveau à la charge ; il accorda à Jeffer khan une subvention de 500 roupies et 10 acres de terre ; il donna à M. Cope une subvention de 2000 roupies pour l'aider dans ses essais ultérieurs. Ce dernier fit en 1863 une tentative qu'il poursuivit avec vigueur ; mais cette tentative n'eut pas de succès pour plusieurs raisons dont aucune ne tient au climat. Il persévéra en 1864, et réussit à obtenir 8 1/2 maunds de cocons, ou près de 700 livres. A la même époque, d'autres tentatives sont arrivées à un succès analogue. La compagnie séricicole de M. Scarlett, à Peshawer, obtint 1200 livres de cocons ; d'autres tentatives d'élevage de vers à soie faites dans les différentes parties du Pundjab, y compris les stations militaires de Gogama et de Shahpere, ont également réussi, et le résultat a même été des plus encourageants. Ces expériences ont été ultérieurement continuées, et des efforts ont été faits pour étendre la sériciculture à d'autres localités avec de belles espérances de succès final. Des mûriers ont été envoyés de Lyon en 1866, à la demande de M. le docteur Forbes Watson.

Il y a plus de trente ans, M. J. Bashford, de Surdah (Bengale), a donné tous ses soins au dévidage de la soie, et ses efforts l'ont conduit, en ce qui concerne l'amélioration de la soie, à un succès tel, que la Société des arts lui a décerné sa médaille (1). Quoique supérieure à la soie de Chine, la soie ainsi obtenue reste encore bien inférieure aux qualités les plus fines de France et d'Italie. Animé du désir d'arriver à l'amélioration des cocons dans une contrée si abondamment pourvue de mûriers et présentant toute facilité pour l'élevage des vers à soie, M. Bashford a introduit dans cette localité une certaine quantité des meilleurs œufs de France, d'Italie et de Chine, pour obtenir des croisements avec les races relativement inférieures élevées toute l'année au Bengale. Du reste, il ne pouvait pas avoir l'idée d'amener une espèce annuelle, parce que les espèces de cet ordre semblent destinées par la nature aux climats froids où les mûriers ne fournissent qu'une récolte de feuilles par an, tandis que dans l'Inde les arbres, dont le développement se produit le mieux, repoussent vigoureusement après avoir été taillés, et donnent en cinq ou six semaines une abondante récolte de nouvelles feuilles. Bien que M. Bashford n'ait pas vu ses expériences couronnées par un très-grand succès, il n'en a pas moins persévéré.

Les natifs ont malheureusement l'habitude de restreindre la quantité d'aliments des vers, de manière à compromettre la qualité des cocons. Il leur suffit d'obtenir une grande quantité de produits ; ils font peu d'attention à la qualité. Les œufs ne sont pas vendus dans l'Inde comme en Europe ; les cocons sont achetés en bloc pour en obtenir la graine. On achète ainsi en même temps les bons et les mauvais ; aucun choix n'est fait : les natifs prétendent n'être pas assez riches pour en perdre si peu que ce soit ; tel est du moins la raison qu'ils donnent. Les habitations où l'on élève les vers au Bengale ont des murs de terre et de nattes, avec des toits de chaume. Elles sont ordinairement très-petites, et, malgré la chaleur excessive du climat, n'ont ni fenêtres, ni ventilateur, ni rien qui permette l'entrée de la lumière, si ce n'est un treillis fin correspondant à la porte. Ils ne font attention ni à la lumière ni à la température, et il y a une bonne raison pour cela : sans la protection du treillis, les mouches entreraient et détruiraient les vers en deux ou trois jours ; même avec cette précaution, les mouches entrent encore accidentellement par millions chaque année, pénètrent dans la chambre où l'on élève les vers à l'heure à laquelle on leur donne à manger, et les détruisent en deux ou trois jours. Plus d'une récolte de cocons, qui à la tombée de la nuit avait la plus belle apparence, a été trouvée entièrement détruite le lendemain matin, par suite de l'invasion de ces insectes. A l'époque des plus grands froids, on peut voir quelquefois un feu à la porte des habitations ; mais cela est très-rare, et il est douteux que ce soit utile dans des constructions si mal ventilées. Les variations de température sont très-considérables au Bengale dans le cours de l'année, et même pendant une période de temps de vingt-quatre heures il se produit fréquemment, tout d'un coup, une élévation de température de 20 degrés. Du reste, on ne tente aucun effort pour égaliser la température dans ces habitations remplies de vers, où l'air nécessaire fait défaut, et au milieu desquelles s'exhale continuellement une odeur infecte.

MM. Durant et Cie, de Londres, dans leur circulaire annuelle, fournissent des données statistiques pour une longue série d'années ; je leur emprunte les chiffres suivants relatifs aux importations progressives de la soie du Bengale en balles dans le Royaume-Uni :

(1) Voyez *Bulletin de la Société impériale d'acclimatation* (t. IV, p. 155), la traduction du travail de M. J. Bashford, *Remarques sur les expériences pour améliorer l'espèce actuelle des vers à soie du Bengale*.

		PRIX.	
	BALLES.	QUALITÉ COMMUNE.	QUALITÉ SUPÉRIEURE.
		sh. d. sh. d.	sh. d. sh. d.
.	8726	10 » à 12 »	14 » à 16 »
.	7644	13 » à 16 »	18 » à 21 »
.	10090	6 » à 10 6	12 » à 15 »
.	9231	11 » à 15 »	16 » à 26 »
.	6200	13 » à 16 »	23 » à 31 6

P. Cola, dans son essai sur la production de l'Inde
ous le titre : *Comment pourrait-on développer l'indus-
uctrice de l'Inde?* s'exprime ainsi : « Il peut être admis
exact que la production de la soie brute est une
importante d'industrie ouverte à l'intelligence et aux
: chacun dans beaucoup de parties de l'Inde, et le
u gouvernement est de l'encourager par tous les
possibles, comme cela se fait en France (1). »
grès décennal de l'ensemble des importations de soie
ns le Royaume-Uni donne l'échelle suivante :

1821	2 641 866	livres.
1831	4 626 875	—
1841	4 966 098	—
1851	6 597 178	—
1861	8 834 255	—
1862	10 434 350	—

cette époque, le total s'est abaissé de 3 ou 4 mil-
1868, les importations de l'Orient, en y comprenant
et le Japon, n'ont été que de 5 300 000 livres (2).
: de l'Inde est classée dans deux catégories, savoir :
la saison humide (*March* ou *rainy weather Bund*), et
la saison sèche (*dry weather Bund*). La dénomination de ces deux catégories provient de la saison pendant laquelle la soie a été produite. Les qualités inférieures de soie sont généralement utilisées par les fabricants du pays ; les meilleures qualités sont presque totalement expédiées en Europe. Cette importante industrie est du reste susceptible d'une grande extension et d'un perfectionnement considérable. Si sa production était entourée de plus de soins, cette soie pourrait rivaliser avec les soies les plus fines de l'Italie. Il n'est pas douteux que si l'on continue à s'y intéresser, le Pundjab rivalisera bientôt avec le Bengale sous ce rapport. Les soies brutes du Burmah et certaines soies de l'Assam sont assurément très-grossières ; mais la longueur et la force du fil rendent ces soies particulièrement propres à la fabrication de la passementerie. Des expériences faites en France ne peuvent manquer d'amener rapidement une exportation considérable de cette soie en Europe.

Les vers étant mal nourris, élevés par grandes quantités dans des habitations mal ventilées, entourés de peu de soins pendant leur éducation, on ne peut guère s'attendre à recueillir beaucoup de bons cocons. Cependant quelques éleveurs intelligents et soigneux arrivent à obtenir une livre de soie dévidée vraiment bonne avec 15 livres de cocons, c'est-à-dire 9500 cocons.

Les éleveurs indigènes sont généralement très-pauvres, et il y en a fort peu qui élèvent plus de 100 livres de cocons. Quelques-uns produisent bien moins encore ; souvent les éleveurs dépassent leurs ressources alimentaires, et en arrivent ainsi à être obligés de laisser mourir les vers faute de nourriture. La production reste entièrement entre les mains des natifs, et l'achat des cocons destinés au dévidage est fait par des agents qui se rendent d'habitation en habitation.

Tous les vers qui produisent de la soie au Bengale fournissent plusieurs récoltes de cocons pendant la même année, à l'exception d'un seul, qui appartient à une espèce annuelle, d'origine inconnue et presque éteinte.

La principale espèce porte le nom de *dessie* ou *dasee*, et comme ce mot signifie *pays* (*country*), elle est considérée comme une espèce indigène (1). Elle fournit presque tous les cocons de la récolte principale de novembre, époque de la saison froide dans le Bengale, et donne la meilleure soie ; mais les cocons sont petits. Dans quelques districts, le produit de la meilleure qualité peut être estimé à environ 10 500 cocons pour une livre de soie. Le ver se développe mieux pendant la saison froide et les cocons sont préférables à ceux de la saison chaude ; mais il continue plus ou moins dans différentes localités à produire des récoltes pendant toute l'année. L'intervalle entre l'éclosion de l'œuf et la formation du cocon

---

us rappellerons ici ce que dit M. de Quatrefages dans les
du jury international de l'Exposition universelle de 1867,
447 :
aux populations elles-mêmes à agir.
onseils, les indications, ne leur ont pas manqué, ne leur man-
davantage à cette heure. En tout pays, les corps savants, et
Académie des sciences de Paris et l'Institut lombard de Milan,
qué, encouragé, récompensé les recherches destinées à faire
la nature du mal et les moyens de le combattre. Partout des
ntièrement dignes de confiance, soit par leur savoir, soit par
que éclairée, se sont mis à l'œuvre, et leurs travaux sont pu-

uelles que puissent être les divergences théoriques existant
hommes dont il s'agit, il est un fait à la fois scientifique et
qui se dégage de cet ensemble d'investigations. Ce fait est :
s choses égales d'ailleurs, le mal sévit avec plus de puissance
andes éducations que sur les petites ; et que, jusqu'au milieu
es le plus violemment infectées, dans les années les plus
ses, de *très-petites* éducations ont bien marché et ont fourni
ne de première qualité. »
vernement français a toujours encouragé de toutes les ma-
palliatifs que l'on a essayé d'apporter à l'invasion de la mala-
nment par l'introduction de bonnes graines du ver à soie
et celle des graines de nouvelles espèces de vers à soie, par
n des districts séricicoles confiée à un savant très-compétent,
-Méneville, etc., etc. Il s'occupe en ce moment d'une enquête
destinée à établir la statistique sanitaire détaillée de toutes
s où l'on élève des vers à soie.
ez, pour les détails sur les importations de soie en France, les
nnuels de la chambre de commerce de Marseille.
ortations de soie durant les six dernières années ont été :

1862........................	19 693	balles.
1863........................	24 502	—
1864........................	23 888	—
1865........................	39 542	—
1866........................	29 491	—
1867........................	32 000	—

nution du nombre de balles de soie importées depuis 1865 tient à la diminution de la production dans le Levant, en Perse et dans le Caucase, où la maladie des vers à soie a sévi avec force.

Les importations de cocons ont été les suivantes :

1862................	728 900	kilogrammes.
1863................	743 400	—
1864................	542 000	—
1865................	654 000	—
1866................	745 000	—
1867................	579 000	—

La diminution de l'importation des cocons doit provenir des mêmes causes que la diminution des importations de soie. Depuis 1865, la graine (les œufs) est principalement tirée du Japon. (A. D.)

(1) Cette espèce paraît cependant être originaire de Chine. (Frederick Moore, *the Technologist*, vol. II, p. 411.)

est d'environ trente-six jours dans la saison froide; mais il décroît sensiblement à mesure que la chaleur augmente.

L'espèce qui vient ensuite par ordre d'importance est le *madrassee;* et comme ce mot signifie *né de la mer*, on peut en conclure que c'est une espèce exotique; elle porte, du reste, aussi le nom de *china poloo*, *cocon de Chine*, ou *nistry*. Le ver est très-robuste et peut être élevé facilement. Le produit est relativement meilleur que celui du dessie, puisque environ 10 000 bons cocons suffisent pour produire une livre de soie. La fibre est moins forte et moins brillante, mais elle produit un fil très-fin lorsqu'elle est dévidée avec soin. Le *madrassee* parcourt si rapidement les différentes phases de son développement, que trente-cinq jours lui suffisent pour arriver de l'éclosion de l'œuf au développement complet du cocon.

Il existe donc deux espèces différentes de vers pour les différentes saisons.

Le ver de grande dimension, connu sous le nom de *boroo poloo*, ou *grand cocon*, par opposition avec le *dassee*, qui est souvent nommé *chota poloo*, ou *petit cocon*, est annuel et d'origine inconnue : il existait déjà dans les Indes lorsque la Compagnie des Indes orientales y introduisit des vers italiens, qui périrent tous ultérieurement. On le rencontre maintenant principalement dans le district de Radnagore. La soie qu'il fournit est excellente et d'un produit double de celui que donnent les autres espèces de vers de l'Inde. Mais la fréquence des absences de récolte, l'irrégularité des éclosions et le coût vraiment dispendieux de l'élevage venant se joindre à ce que ce ver est annuel, l'ont fait prendre en aversion par les natifs, et il paraît destiné à devenir bientôt aussi rare à Radnagore qu'il l'est maintenant dans d'autres districts.

Nous avons vu qu'il faut au moins 10 000 des meilleurs cocons de l'Inde pour produire une livre de soie, tandis que, en France, environ 2500 cocons produisent la même quantité. Cette énorme différence entre le rendement des cocons du Bengale et celui des cocons d'Europe appelle nécessairement l'attention, et l'idée qui se présente aussitôt à l'esprit, c'est que si l'Inde pouvait produire des cocons d'une valeur égale à ceux de France et d'Italie, la quantité de vers élevée actuellement produirait toute la soie réclamée par l'approvisionnement de l'Europe entière.

Je vais maintenant donner une courte description des caractères des principaux insectes producteurs de soie élevés dans l'Inde. Je me servirai pour cela du mémoire intéressant de M. Frederick Moore, de l'*India-Museum*, publié il y a peu d'années dans mon journal le *Technologist* (1).

Le *ver à soie ordinaire du mûrier* (*Bombyx mori*), qui a été introduit dans l'Inde des provinces septentrionales de la Chine, produit seulement une récolte par an, mais il donne le cocon le plus volumineux et la meilleure soie : cette soie est d'un jaune pâle.

Il existe une autre espèce (*Bombyx sinensis*), le *petit ver* ou *ver mensuel* des Chinois, introduit au Bengale il y a trente ou quarante ans, mais qui en a presque disparu maintenant, à cause de sa nature trop délicate.

Le *madrassee*, ou *nistry* (*Bombyx Crœsi*), fournit au Bengale et en Chine neuf récoltes d'une bonne soie jaune d'or ou jaune. Introduit dans l'Inde vers 1780, il a dégénéré par suite du manque de soins et du traitement peu convenable auquel on a soumis les vers. Les cocons sont mensuels entre novembre et juin, si l'on en prend soin, mais plus généralement entre janvier et mai.

Le *dasee*, ou *ver de pays* (*Bombyx fortunatus*), donne une soie jaune d'or ou jaune, et produit annuellement plusieurs récoltes. Il a été constaté qu'il fournissait cinq fois des cocons dans l'année, à des périodes variant de quarante à cent dix jours.

Le *ver à soie d'Arracan* (*Bombyx arracanensis*) donne annuellement plusieurs récoltes de soie supérieure à celle du Bengale.

Le *boroo poloo* (*B. textor*) produit un cocon d'un blanc pur,

(1) M. Frederick Moore, dans ses *Notes on the silk-producing Insects of India and its adjacent countries* (*the Technologist*, vol. II, p. 140), de même que MM. J. T. Ewing et Stutzer, dans leur communication *On the cultivation of Silk in Tasmania*, et M. le capitaine Hutton, dans son *Mémoire sur les vers à soie de l'Inde*, ne considère pas seulement les insectes producteurs de la soie qu'on rencontre aux Indes britanniques, mais il étudie aussi ceux des contrées adjacentes, telles que les possessions françaises et les possessions hollandaises des Indes, la Chine, le Japon, etc., etc.

Il nous fait successivement passer en revue : le *Bombyx mori*, le *Bombyx sinensis*, le *Bombyx Crœsi*, le *Bombyx fortunatus*, le *Bombyx arracanensis*, le *Bombyx textor*, le *Bombyx Huttoni*, le *Bombyx religiosæ*, le *Bombyx bengalensis*, le *Bombyx Horsfieldii*, le *Bombyx subnotata*, l'*Ocinara dilectula*, l'*Ocinara Moorei*, l'*Ocinara lactea*, l'*Ocinara comma*, l'*Actias Selene*, l'*Actias Mænas*, l'*Actias sinensis*, l'*Antheræa* (*Saturnia*) *Paphia* (*Mylitta*), l'*Antheræa assama*, l'*Antheræa mezankooria*, l'*Antheræa surakarta*, l'*Antheræa Pernyi*, l'*Antheræa Roylei*, l'*Antheræa yama-maï*, l'*Antheræa Perrottetii*, l'*Antheræa Helferi*, l'*Antheræa jana*, l'*Antheræa Frithi*, l'*Antheræa Larissa*, le *Saturnia pyretorum*, le *Saturnia Grotei*, la *Lœpa katinka*, le *Neoris Huttoni*, le *Caligula thibeta*, le *Caligula simla*, le *Caligula japonica*, le *Salassa lola*, le *Cricula trifenestrata*, l'*Attacus Atlas*, l'*Attacus Edwardsii*, l'*Attacus Cynthia*, l'*Attacus ricini* et l'*Attacus* [illegible].

Ceux qui voudront étudier avec soin la famille des Bombycides devront consulter en outre les *Notes on the Indian Bombycidæ* de M. le capitaine Hutton, dans lesquelles il divise cette famille en trois groupes : le groupe *Tussah*, le groupe *Eria*, et un troisième groupe contenant les genres *Lœpa*, *Saturnia*, *Cricula*, *Salassa*, et peut-être *Brahmora*, qui se divisera peut-être ultérieurement lui-même en trois ou quatre groupes. Dans ces notes, M. Hutton examine avec soin les caractères du genre *Attacus*, et passe en revue l'*Attacus Cynthia*, l'*Attacus ricini*, l'*Attacus Atlas*, et l'*Attacus Edwardsii*. M. Guérin-Méneville s'occupe du reste de la publication d'une traduction de ces notes.

C'est aux Indes que nous devons cet *Antheræa Paphia* ou *Mylitta* et cet *Attacus ricini* qui ont été en France l'objet de tentatives d'introduction dont nous croyons devoir dire ici quelques mots.

En 1831, M. Lamare-Picquot proposa de tenter en France l'acclimatation de l'*Antheræa Mylitta* ; mais ces idées, combattues par Latreille, ne reçurent pas la sanction de l'Académie des sciences, et n'aboutirent à aucun résultat. Ce fut seulement en 1854, époque de la fondation de la Société impériale d'acclimatation, que des tentatives sérieuses furent faites à l'instigation d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, le fondateur de la Société d'acclimatation. Cette Société reçut l'*Antheræa Mylitta* de Pondichéry par les soins de M. Perrottet, qui élevait l'insecte à la magnanerie expérimentale de Pondichéry, près de cette ville. Il obtenait dans l'Inde, comme M. de Chavannes en Suisse, la fécondation des femelles en les attachant aux arbres, tandis que les mâles volaient en liberté. Nous ne voudrions pas mentionner les éducations d'*Antheræa Mylitta* faites par M. Perrottet à la magnanerie expérimentale de Pondichéry, sans signaler aussi ses éducations de *Bombyx mori* et d'*Actias Selene*. La larve du *Bombyx mori* élevée dans cette magnanerie, dont on a envoyé en France, au musée des colonies, de la soie grége et blanche, était le résultat d'un croisement de la race dite milanaise avec d'autres papillons de la race indigène ou peut-être d'une race naturalisée depuis longtemps dans le pays : elle donne plusieurs générations par an. Quant à l'*Antheræa Mylitta*, si, au Bengale, il vit sur plusieurs espèces de jujubiers, il s'accommode très-bien en France des chênes de ce pays, et même paraît les préférer; d'où lui est venu le nom de ver à soie du chêne de l'Inde.

Le ver du ricin, l'*Attacus ricini*, à générations rapprochées, est venu par étapes de l'intérieur de l'Inde à Calcutta, puis de Calcutta en Égypte,

filé en mars et en avril. La vie extérieure du ver est de te-deux à cinquante jours, et sa vie dans le cocon de dix ze jours.

espèce sauvage des montagnes, le *Bombyx Huttoni*, rencontre abondamment dans les forêts du nord-ouest malaya, où il dévore les feuilles des mûriers indigènes, t une quantité considérable de bonne soie qui présen- ine valeur réelle. Mais le ver a montré jusqu'ici une nce absolue à tout mode de traitement, et ne peut être la manière ordinaire dans l'intérieur des habitations : e développe bien qu'en plein air.

henille de l'*Actias Selene* vit sur quelques plantes sau- et peut être aisément domestiquée. A Pondichéry, les sont ramollis dans une solution de cendres de bois, s, tirés et filés immédiatement, sans être autrement s ou cardés, ce qui tient à ce que cette soie est excessi- t forte, résistante, élastique et brillante. Quatre éduca- euvent être faites par an (1).

ussah (*Antheræa* [*Saturnia*] *Paphia* ou *Mylitta*) est un rs à soie sauvages que les indigènes élèvent le plus unément. On le rencontre en abondance dans bien des parties du Bengale, et il a fourni de temps immémorial aux natifs un approvisionnement considérable de soie d'une grande durée. Des millions de cocons produits par cette espèce sont recueillis annuellement dans les forêts et livrés aux filateurs de soie qui existent à proximité de Calcutta; mais la principale place où la soie tussah sert à la fabrication des tissus est Bhagulpore. La soie tussah est employée partout sous forme de tissu comme vêtement par les natifs et même par les Européens, et de plus des quantités considérables de tissus de soie tussah sont importées en Angleterre.

La soie de l'*A. Paphia* ou *Mylitta*, et celle de l'*A. Pernyi*, qui sont également connues dans l'Inde sous le nom de *soie tussah*, *tussar*, *tusseh* ou *tusser*, ont été introduites avec succès en Angleterre. Dans le département de l'Inde, à l'exposition universelle de Londres en 1862, on a pu voir quelques étoffes fabriquées avec cette soie et qui étaient d'un tissu très-fin; mais comme elles avaient été obtenues au moyen de la soie brute, elles ne prenaient pas bien la teinture et ne pouvaient pas être comparées avec la soie du *Bombyx* du mûrier (1).

Les vers à soie tussah donnent deux éclosions, en mai et en août. Les larves passent à l'état de chrysalide en septembre et y restent jusqu'en mai suivant, tandis que celles qui se transforment en chrysalide en juillet sortent de cet état au bout de trois semaines. Quelques-unes des femelles pondent des œufs huit ou dix heures après avoir quitté l'état de chrysalide; d'autres au contraire attendent jusqu'à la nuit suivante ou plus longtemps. Dans les dix jours, les jeunes larves font leur apparition et commencent à dévorer les feuilles des arbres connus sous les noms de *bäer* ou *byer* (*Zizyphus jujuba*), d'*asseen* (*Terminalia alata*), et de *semul* (*Bombax heptaphyllum*). Trois semaines environ après leur sortie de l'œuf, les vers atteignent leur développement complet, et huit ou dix jours plus tard ils se préparent à se transformer en chrysalides. Pour commencer cette opération, la chenille ramène l'une vers l'autre un petit nombre de feuilles, comme si elle voulait se dérober aux indiscrétions de l'observateur. Elle file alors un fil très-fort, une sorte de corde ou de byssus composé de plusieurs fils présentant ensemble à peu près l'épaisseur d'une plume de corbeau, à l'extrémité duquel elle file son cocon. Ce cocon est si transparent pendant les trente-six premières heures, que les larves peuvent être distinctement aperçues travaillant à l'intérieur. Après cette époque, le cocon acquiert graduellement de la consistance par suite de la continuité du travail de la chenille, et devient entièrement opaque par l'addition d'un liquide agglutinant dont elle humecte le tout. Lorsque cette matière se sèche, les cocons apparaissent comme s'ils étaient couverts d'une poudre blanche, et, dans l'espace d'un couple de jours, ils deviennent parfaitement durs. Le papillon dépose généralement ses œufs à peu de distance du cocon : ces œufs sont recueillis par les paysans et conservés dans leurs maisons jusqu'à ce que les jeunes chenilles viennent à naître. Ces dernières sont alors placées sur les *asseen* dans les jungles ; les propriétaires restent en surveillance pour les protéger contre les oiseaux et porter les cocons à leurs habitations lorsqu'ils sont entièrement terminés. Les indigènes qui élèvent ces vers à soie appartiennent aux castes Sontal et Bhouree, et s'adonnent à diverses cérémo-

---

ypte à Malte, de Malte à Turin, de Turin en France. Les pre- éducations de ce ver, — faites sous les auspices de la Société le d'acclimatation, qui l'a ultérieurement propagé en France, en , au Brésil, en Algérie, aux Canaries, au Sénégal, à la Nouvelle- e, en Égypte, à la Havane, en Portugal, en Syrie, etc., etc., — le 1854; elles furent confiées à M. Vallée, sous la direction de rin-Méneville, qui profita, pour les abriter, de la température nte de la ménageries des reptiles.

sont parmi les vers de l'Inde ceux dont l'acclimatation a donné *les tentatives* sérieuses.

est aux Indes que la France est allée demander les espèces pré- s, c'est toujours à l'Asie, mais à une autre partie de l'Asie, à la t au Japon, qu'elle a demandé l'*Attacus Cynthia* ou ver de l'ai- '*Antheræa Pernyi* ou ver à soie du chêne de Chine, et l'*Anthe- ma-mai* ou ver à soie du chêne du Japon.

ce n'est pas seulement en Asie qu'on pouvait aller chercher *ciliaires du ver à soie* : l'Amérique du Nord avait à nous offrir *byx Laocoon*, l'*A. Luna* et l'*A. Selene*, l'*A. ceanothi*, l'*A. Prome-* '*A. Polyphemus* et l'*A. Cecropia* ; cette dernière espèce a même ieu à de nombreuses tentatives. L'Amérique du Sud pouvait nous n *A. Aurota* et son *A. Hesperus*. Madagascar pouvait nous four- *Borocera cajani* et d'autres espèces assez mal connues, parmi es il s'en trouve dont les cocons, comme cela se présente chez *ombyx processionea*, sont contenus dans de grandes bourses de vant de nids à des colonies de chenilles.

pourquoi aller demander ainsi des ressources aux pays étran- aux colonies étrangères, lorsqu'il suffirait d'encourager les ex- es qui se font dans les colonies françaises : celles de M. Perrottet *ombyx mori*, l'*Antheræa Mylitta*, l'*Actias Selene*, à Pondichéry rançaises); celles de M. Alex. Michely sur le *Bombyx mori*, us des hangars à l'air libre, et sur l'*A. Hesperus*, à la Guyane e ; et celles de M. Parcevaux sur le cocon du dank (*Detarium rpum*), et le ver à soie de Bauhin ou de Faidherbe, au Sénégal. outes ces tentatives d'acclimatation, nous renverrons au *Bulletin ciété impériale d'acclimatation*, à la *Revue de sériciculture com-* à la *Revue et Magasin de zoologie*, à la conférence *les Auxi- lu ver à soie*, faite par M. Maurice Girard au Jardin d'acclimata- bois de Boulogne, le 16 juillet 1863, et à l'article consacré à ce r M. Blanchard, dans son ouvrage publié sous le titre : *Méta- ses, mœurs et instincts des insectes* (page 226) ; nous croyons emercier aussi M. Aubry-Lecomte, conservateur du Musée des françaises, qui, avec la plus aimable courtoisie, a mis à notre on les renseignements qu'il possédait sur la sériciculture dans les françaises. (A. D.)

'après M. Perrottet, qui s'est beaucoup occupé de ce ver à soie, ntre très-fréquemment la larve dans les champs, sur les feuilles mme de terre (*Solanum tuberosum*). Cette larve se nourrit des le l'*Odina wodier* de Roxburgh. D'après le capitaine Hutton, il nun à Mussoree. (A. D.)

(1) Voyez Forbes Watson, *Classified and descriptive Catalogue*, p. 217. Il y avait aussi quelques étoffes fabriquées en soie *moonga*, en soie *eria* et en soie *mezankoree*. (A. D.)

nies superstitieuses pendant qu'ils veillent à l'éducation des vers dans les forêts.

D'après les essais de M. Perrottet à Pondichéry, il paraîtrait que l'opinion d'après laquelle ce ver ne pourrait pas être domestiqué, est fausse, puisqu'il a réussi à le reproduire à l'état de captivité, et a obtenu non-seulement des œufs, mais des œufs féconds et productifs (1). Il a si bien disposé ses expériences, que, dans une année de pluie abondante pendant laquelle l'atmosphère était complétement humide, il a pu obtenir quatre générations de ces vers. M. Perrottet a fait parvenir des cocons vivants de cette espèce en France, où l'on en a élevé plusieurs générations avec des feuilles du chêne commun qu'ils mangent avidement. Au commencement de 1859, M. Perrottet a fait en France cinq envois différents de cocons vivants, qui sont arrivés en bon état et se sont bien comportés.

Les cocons trouvés sur le *Terminalia* sont toujours considérés comme les plus gros et les plus forts, tandis que ceux du jujubier sont les plus petits : cinquante cocons obtenus sur le *Terminalia* pèseraient une livre française. Les cocons sont excessivement riches en soie; traités par un alcali ou par un autre dissolvant, ils se dévident avec une grande facilité et tout à fait jusqu'à la fin. La soie qu'ils fournissent est très-élastique et d'un beau brillant, mais d'une couleur foncée.

Il s'est élevé quelques difficultés sur la répartition de cette espèce de ver à soie dans l'Inde; mais ces difficultés provenaient principalement de l'existence d'une espèce voisine à Darjeeling et dans d'autres localités éloignées.

Le docteur Roxburgh, dans le VII[e] volume des *Transactions de la Société Linnéenne*, a décrit le mode de préparation de la soie tussah; et le colonel Sykes, dans le III[e] volume des *Transactions* de la *Royal Asiatic Society*, a inséré un mémoire sur les cocons du *Saturnia Paphia*.

La soie tussah peut être obtenue en quantité abondante dans les régions sauvages de la contrée qui se trouve à l'est de la rivière Godavery. L'existence du ver dans le cocon y est mise à l'abri de tout accident en le conservant dans les maisons. A la saison convenable, les jeunes chenilles sont portées dans la jungle et placées sur des arbres sauvages, où les cocons se forment à l'époque convenable. La demande du commerce pourrait développer cette production sans limites. Si cette soie forte trouvait un débouché en Europe, la jungle entière révélerait quels trésors elle peut donner.

Les cocons tussah provenant de Cuttack varient beaucoup de grosseur et de couleur; ils présentent une diversité très-appréciable dans la texture et le lustre de la soie brute, ce qui dépend probablement de l'espèce d'arbre sur laquelle la chenille a vécu. La même diversité existe pour les papillons femelles, qui sont de trois ou quatre couleurs différentes et de trois ou quatre grosseurs inégales. Le mode de dévidage du fil est le même que pour le ver à soie ordinaire. Le ver à soie tussah se nourrit indistinctement des feuilles du teck, du jujubier, du mûrier et d'autres arbres sur lesquels il peut bien vivre et se développer. Dans quelques localités, notamment dans le Pundjab, le ver à soie tussah est seulement annuel, mais dans le Bengale il fournit au moins trois récoltes par an.

(1) Le fait m'a été confirmé par des documents fournis, comme toujours, avec la plus extrême obligeance, par M. Aubry-Lecomte, conservateur du Musée des colonies françaises. (A. D.)

Le ver à soie *moonga* (*A. assama*) vit aussi sur plusieurs espèces d'arbres sauvages (1); il est souvent cultivé par les natifs et peut être élevé dans les maisons, mais il se développe mieux en plein air et sous les arbres. Il fournit annuellement cinq récoltes. La soie de ce ver forme un des principaux articles d'exportation de l'Assam et quitte généralement le pays à l'état de fil.

Le ver à soie *mezankooree* (*A. mezankooria*), appartenant à une espèce tout à fait voisine, vit dans l'Assam sur un *Tetranthera*. La soie qu'il fournit est presque blanche ; sa valeur est de 50 pour 100 supérieure à celle du moonga; le tissu qu'il fournit constitue l'habillement des hautes classes dans l'Assam.

Le ver du chêne du nord-ouest de l'Inde (*A. Roylei*) est une espèce abondante qu'on rencontre dans le pays d'Almorah, de Simla et de Mussoree. Sa chenille vit sur le chêne commun des montagnes (*Quercus incana*); son cocon est gros et très-fort; sa soie donne des espérances suffisantes pour considérer ce ver comme digne d'être cultivé.

Une espèce voisine des précédentes, le ver à soie du chêne de Mandchourie ou de Chine (*A. Pernyi*), dont nous avons déjà mentionné plus haut l'importation de la soie en Angleterre comme espèce de soie tussah, a été introduite de la Mandchourie et de la Chine en France, où il parait devoir prospérer (2).

Le ver à soie *Atlas* (*Attacus Atlas*), dont la chenille se nourrit des feuilles du *Falconeria insignis*, du *Bradleia ovata*, etc., parait fournir la soie tussah de la Chine. Il peut aisément être élevé à l'état de domestication, et produit un cocon qui donne une soie fine, bien que résistante, et d'une couleur grisâtre.

L'*Attacus Canninghii* (3) est le ver à soie sauvage *eria* du sous-Himalaya. Il vit sur le *mussooree* (*Coriaria nepalensis*), sur le *tex bull* (*Xanthophyllum hastile*) et sur le *Ricinus communis*. Dans sa patrie originaire, le sous-Himalaya, il est seulement annuel (4).

L'*Attacus ricini* est le ver *eria* ou *arindy*, dont la culture est très-communément répandue dans l'Inde. Il fournit dans le Bengale quatre ou cinq récoltes par an, et il est élevé, dans la plus grande partie de l'Hindoustan, à l'état de domesticité dans l'intérieur des maisons, où on le nourrit des feuilles du ricin. Il donne des étoffes qui paraissent d'un tissu lâche, mais qui sont d'une durée incroyable. On a en effet constaté que la vie d'une personne est rarement suffisante pour user un vêtement fabriqué avec cette soie. Le fil est travaillé comme le coton, et les étoffes qu'on en fabrique sont, pour la plus grande partie, employées à l'intérieur dans la confection des vêtements ordinaires des classes les plus pauvres de la popu-

(1) Particulièrement sur divers *Tetranthera*, le *Tetranthera diglottica*, le *Tetranthera macrophylla*. (Fred. Moore, *the Technologist*, vol II, p. 415.) (A. D.)

(2) Il en est de même d'une espèce voisine, l'*Antheræa yama-mai*, ou ver du chêne du Japon. (A. D.)

(3) D'après M. le capitaine Hutton (*Notes on the Indian Bombycidæ*, p. 24), dont nous devons la communication à M. Guérin-Méneville, qui en publiera prochainement une traduction, l'*Attacus Canninghii* serait identique avec l'*Attacus Cynthia*. (A. D.)

(4) Cette espèce avait été découverte à l'état sauvage à Mussoree, en 1844, par M. le capitaine Hutton. (A. D.)

et des vêtements d'hiver des classes plus élevées (1). vers à soie sauvages pourraient être considérés par ues personnes comme ne méritant pas d'être signalés qu'ils ne fournissent pas l'espèce de soie la plus appré- lans le commerce ; mais ils sont plus importants qu'ils raissent l'être au premier abord. Nous croyons toutefois r rappeler que l'élevage de quelques-uns d'entre eux es forêts et la récolte de tous donnent du travail à un re considérable d'indigènes, précisément dans les districts ont les moins susceptibles de fournir des occupations . Ils procurent aussi des vêtements à quelques-uns des ants. Dans un seul district, celui d'Azimghur, il a été que 318 772 pièces de soie tussah ont été livrées à la mmation par les métiers en 1837.

détermination de l'arbre qui, dans l'Inde ou ailleurs, est illeur pour la production d'une bonne soie, constitue uestion très-simple en apparence, mais qui n'est pas en aussi aisée à résoudre qu'on le croirait d'abord. En la réponse doit dépendre beaucoup de l'espèce de ver on veut élever. La difficulté est encore aggravée par ce ut spécial. Ceux qui, avec beaucoup de zèle, mais peu ions sérieuses sur le sujet, essayent d'élever des vers paraissent croire qu'il est nécessaire d'exalter quelque de mûrier en particulier, et de le déclarer pour le mo- l'alimentation nec plus ultra du ver à soie. L'un veut mûrier à fruits blancs soit seul capable de rendre te apte à élaborer de la bonne soie ; mais bientôt, elque inexplicable caprice, le mûrier blanc est laissé té, et un autre arbre est adopté à sa place. L'espèce à noirs est prônée alors sans hésitation, et même le mû- fruits blancs est considéré comme une variété albine bre à fruits noirs.

rapport de la Société d'agriculture et d'horticulture de ta pour 1866 mentionne des expériences exécutées dans es parties du Bengale sur des variétés de vers à soie japo- ui donneraient une soie bien supérieure à celle du ver el du Bengale. Des échantillons de soie provenant de cette race élevés à Ghotal ont été jugés par M. Turn- finiment supérieurs à la moyenne générale de la soie lnagore et d'une qualité qui ne s'éloigne pas beaucoup le des soies d'Italie. Par suite de ce résultat favorable, provisionnements ultérieurs de *graines* (œufs) ont été andés, et les expériences continuent.

ulture du ver à soie paraît susceptible de prendre une extension dans l'Oude, car les mûriers abondent dans province, et le climat semble favorable à l'élevage développement des vers. Le rapport de MM. Durand sur de l'Oude qui avait été envoyée à l'exposition univer- e Londres en 1862, exprimait l'opinion que, à certains , cette soie était meilleure que la soie du Bengale, en s qu'elle avait plus de nerf et moins de ce *fluffiness* é, sensation de laine au toucher), qui paraît inhérent, egré plus ou moins prononcé, aux meilleures soies des es de ce pays dirigées par des Européens.

1861, M. le docteur Bonavia a commencé à Lucknow la e de différentes espèces de mûriers, distribuant des bou- ux officiers de tous les districts de l'Oude, et il a donné une impulsion énergique à l'élevage du ver à soie par les natifs. Il a été constaté en 1865 que, après des tentatives réitérées, les essais étaient abandonnés. En effet, on a reconnu que les variétés *multivoltines* exigeaient plus de soins qu'aucun indigène n'était disposé à en donner aux vers à soie dans un climat comme celui de l'Oude, où les différences de température entre les différentes saisons sont si grandes. La variété *univoltine*, ou variété annuelle, n'a pas réussi assez bien pour donner beaucoup d'encouragement. M. le docteur Bonavia a reconnu ultérieurement que si la culture du ver à soie doit réussir dans l'Oude, il faudra que la variété de ver appartienne à quelque espèce rustique, vivant sur l'espèce de mûrier native du pays, et rustique elle-même.

Les cocons de l'Oude et de l'Umritsir ont dégénéré en une saison de 56 pour 100 au-dessous du spécimen type du Cachemyr. Il fallait 5300 de ces cocons élevés à Lucknow dans l'Oude, par M. le docteur Bonavia, pour fournir une livre de soie. A Candahar, en 1849, les Afghans comptaient environ 4500 cocons pour une livre de soie; tandis qu'en France, avant la dernière épidémie, 2500 cocons représentaient une livre de soie, d'après le témoignage de M. Bashford. Nous avons donc ici une démonstration évidente et positive de ce fait, que le climat du Pundjab et des autres parties des plaines de l'Inde est pernicieux pour la santé et le bien-être général de l'insecte.

Le résident politique de Munnipore a constaté, en 1865, que le climat de cette localité était certainement convenable pour la qualité la plus fine de soie.

Avec la sanction du gouvernement, une expérience a été instituée en 1850 par le capitaine Th. Hutton, à Mussooree, dans le nord-ouest de l'Himalaya : cette expérience avait pour objet la culture éventuelle du ver à soie sauvage de l'Himalaya, connu sous le nom de *Bombyx Huttoni*. Dans la réalisation de cette expérience, il avait reçu pour instruction de former une plantation de mûriers indigènes, et trois ans lui avaient été donnés pour mener son œuvre à bonne fin. Les résultats des tentatives subséquentes laissaient peu de chances favorables à la réussite ultérieure de cette espèce. Toutefois le capitaine Hutton fait observer que les tentatives faites avec les vers du Cachemyr et les vers *madrassee* du Bengale domestiqués ont mis hors de doute, non-seulement que ces vers se développent bien dans le climat de Mussooree, mais qu'il y avait aussi dans cette localité un marché tout disposé et convenablement rémunératif pour la vente de la soie.

N'est-ce pas, demande le capitaine Hutton, un fait bien établi depuis longtemps, que, pour les animaux aussi bien que pour les végétaux, un renouvellement occasionnel de la semence et une réinfusion de la séve vitale originaire sont considérés comme absolument nécessaires à la conservation de la santé et de cet état particulier de perfection qu'il est désirable de maintenir ? Lorsqu'il s'agit du *Bombyx mori* domestiqué, cette précaution nécessaire a été négligée universellement depuis quatre ou cinq cents ans. En quoi y a-t-il donc lieu de s'étonner que, par les effets combinés d'une nourriture défectueuse et insuffisante, de l'absence de lumière et de ventilation convenable, de la trop grande élévation de la température et du croisement constant et invariable d'une race dégénérée, l'insecte devienne sujet à une multitude de maladies et menace de disparaître dans une période de temps peu éloignée (1)?

(1) es étoffes de soie eria avaient été exposées à la section des Indes ques à Londres, en 1862. (Forbes Watson, *Classified and des- Catalogue*, p. 217.)

(1) Voyez la traduction du Mémoire de M. Hutton dans le *Bulletin*

Dès l'année 1791, des expériences pour l'introduction et la culture de la soie, analogues à celles qui avaient si bien réussi au Bengale, furent instituées dans la présidence de Madras et continuées pendant plusieurs années; mais il ne fut pas possible d'obtenir un succès définitif et stable. En effet, en 1854, 1666 livres de soie seulement ont été exportées. Cela tient probablement au climat de la présidence de Madras, qui est généralement considéré comme peu convenable à la culture. En effet, dans le climat plus élevé du Mysore, les expériences ont été continuées jusqu'à l'époque actuelle, et quelques échantillons vraiment très-bons de soie, provenant du Mysore, ont été envoyés aux expositions universelles de 1851 et de 1855, ainsi qu'à l'exposition de Madras en 1857. On pouvait donc dès lors considérer comme probable que la culture serait pratiquée avec succès dans les vallées des Neilgherries. La soie produite dans le Mysore est employée pour la fabrication des châles de soie de cette province.

Des essais ont été faits dans la présidence de Bombay vers l'année 1755. Ils furent renouvelés en 1830 dans le Deccan et continués pendant dix ans sous la surintendance d'un Italien, M. Mutti, mais sans succès positif; ce qui avait toujours été annoncé d'avance par M. Gibson, à cause de la chaleur et de la sécheresse du climat.

Bien que ces faits semblent imposer des limites à l'extension de la culture de la soie dans l'Inde et à l'approvisionnement de matière brute qui pourrait nous venir de cette contrée, ces limites ne s'appliquent cependant qu'aux districts présentant le climat indiqué. Dans la vallée qui s'étend le long du pied des monts Himalayas, dans la partie nord-ouest de l'Inde, il existe un sol moins aride, un climat plus tempéré: certaines espèces de mûriers paraissent y être indigènes et y présenter un état florissant de développement. C'est là encore le cas qui se présente pour les montagnes plus basses entourant le Pundjab et pour quelques parties du Pundjab lui-même. Dans cette région, en effet, on a pu commencer avec le plus grand succès des expériences dont les résultats figuraient à l'exposition universelle de Paris en 1855.

Des expériences ont été organisées et poursuivies pendant quelque temps avec énergie par feu M. Cassamajor et par M. le major Dinchin. Des éducations de vers à soie de race italienne ont été faites, non sans succès, à Katy, et de la soie de bonne qualité a été obtenue dans l'exploitation dirigée par M. F. Lascelles dans les monts Neilgherries. Si d'un côté on peut s'attendre encore à voir des quantités de soie provenir ultérieurement de ces localités, de l'Assam, du Bokhara, de l'Afghanistan, nous devons reconnaître que le climat sec et uniforme du Scinde est spécialement favorable à la sériciculture.

La culture du mûrier, conjointement avec la production de la soie, a été pratiquée il y a bien des années dans les talooks du voisinage de Bangaloore, de Mysore et de Seringapatam, où se trouvaient rassemblées surtout des communautés de musulmans entre les mains desquels cette branche d'industrie est presque entièrement concentrée.

Dépourvus d'énergie et manquant des capitaux qui leur auraient permis d'importer des variétés nouvelles, tant de vers à soie que de mûriers, ils se sont contentés d'ajouter à leurs moyens de subsistance cette nouvelle source de revenu. Du reste, par suite de la rapide dégénérescence qui s'est produite sous ces deux rapports, le commerce local était depuis plusieurs années dans un état languissant. Toutefois l'établissement d'une compagnie pour la filature de la soie qui s'est réalisé, sous la direction d'un Italien, à Kengari, près de Bangaloore, et l'introduction de nouvelles races de vers à soie, aussi bien que de nouvelles espèces de mûriers, améliorées par la culture, promettent d'inaugurer une nouvelle ère pour l'exploitation de la soie dans le Mysore. L'augmentation dans la demande qui s'est produite ainsi a donné une vive impulsion à la production d'une meilleure qualité de soie, et, dans le but d'encourager ultérieurement cette tendance, des arrangements ont été pris en 1865 avec M. de Vecchi pour l'importation d'œufs de vers à soie du Japon, qui doivent être distribués à ceux qui seraient disposés à les élever avec soin et à consacrer loyalement leurs efforts à cette expérience. La seule espèce de ver à soie qui soit élevée dans le Mysore est la variété de la Chine. Les vers à soie qu'elle y fournit donnent des cocons qui sont considérés comme étant bien inférieurs à ceux de Chine et du Japon; la soie n'est pas serrée, elle est plate à l'intérieur, quoique la qualité du fil paraisse bonne lorsque la soie est dévidée par les procédés européens. La qualité inférieure de la soie dévidée par les indigènes est mise en évidence par sa valeur vénale. Les meilleurs échantillons qui ont sur place une valeur de 4 à 5 roupies (8ᶠ ou 10ᶠ) le *seer* (équivalant aux trois cinquièmes d'une livre), ne trouveraient pas en Europe un prix de vente plus élevé que 13 à 14 shillings la livre.

Certaines opinions tout à fait singulières s'opposent à l'extension de la production de la soie dans l'est avec le concours des natifs. Ainsi M. Wright, de Peradenia, près de Kandy, dans l'île de Ceylan, après avoir fait des efforts pour étendre la culture du ver à soie et s'être procuré 500 à 600 cocons à distribuer entre les natifs, invita les chefs indigènes à lui octroyer leur aide. Mais il parut douteux à ces derniers que les prêtres de Bouddha voulussent sanctionner par leur autorisation la culture du ver à soie. Les grands prêtres furent convoqués, et vinrent à la réunion dans leurs grandes robes de soie jaune, véritables chemises, leur vêtement sacerdotal; mais rien ne put les déterminer à recommander une occupation qui impliquait la destruction d'un être en vie. « Comment alors, leur dit l'agent, venez-vous ici enveloppés dans les dépouilles des vers qui ont été tués en Chine et dans le royaume de Siam par les sectateurs les plus sévères de la religion de Bouddha? » Rien ne put y faire; ils ne voulurent pas sanctionner une industrie qui impliquait la destruction du ver, bien qu'ils lui donnassent eux-mêmes le plus grand encouragement en faisant usage de tissus dans lesquels entrait la soie.

Les vers à soie sont communs dans bien des parties de la province de Burmah. Dans le district de Sandoway, les œufs éclosent par la température ordinaire du climat à toutes les époques de l'année: aussi une provision en est-elle mise en réserve; mais la soie qu'ils procurent, n'est pas bonne à toutes les époques de l'année, et ce n'est pas avant décembre qu'il peut être obtenu une soie convenable pour la vente. Pendant ce mois, l'élevage des vers à soie se pratique sur une grande échelle, et les cocons sont formés en février. Il n'est fait aucun choix de la meilleure soie; toute la récolte est vendue indistinctement et employée dans le district à la fabrication des vêtements des natifs. — Les vers à soie sont aussi l'objet

de la Société impériale d'acclimatation, 2ᵉ série, t. II, p. 339. Année 1863.

e culture étendue dans les parties septentrionales et oc-
ntales du Foungoo. Des essais ont été faits pour introduire
meilleure race de ver à soie en important des œufs de
shedabad dans le Bengale.
viens de vous donner un aperçu quelque peu rapide de
oduction de la soie dans l'Inde. Mais, si imparfait qu'il
j'ai la confiance qu'il pourra ouvrir un vaste champ de
tions et de discussions dont il résultera peut-être quelque
tage pour les Indes britanniques, cette grande et impor-
dépendance de l'empire britannique, aussi bien que pour
tisfaction des besoins urgents des manufactures euro-
nes. La Société des arts a consacré depuis longtemps ses
énergiques efforts à cet objet; il faut espérer que l'appel
ous faisons ici pour obtenir des renseignements ultérieurs
détaillés et des suggestions utiles, quant à la meilleure
ère de donner de l'impulsion à la production et à l'amé-
tion de la qualité de la soie de l'Inde, n'aura pas été fait
in et portera des fruits utiles et sérieux.

P. L. Simmonds,
Secrétaire général de la commission anglaise
pour l'exposition universelle d'Amsterdam
et de la *Silk supply Association*.

duit de l'anglais par A. Delondre, —
bre de la Société d'acclimatation de Paris
e la *Silk supply Association* de Londres.

VARIÉTÉS

M. CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE
de l'Institut

L'observatoire météorologique de Montsouris.

BLE DES TRAVAUX DE L'ÉTABLISSEMENT MÉTÉOROLOGIQUE CENTRAL.

I. — *Considérations générales.*

tablissement météorologique central qu'il s'agit d'organiser doit
dre à deux exigences principales.
météorologie, comme dans toutes les sciences naturelles, l'obser-
étant le point de départ nécessaire de toute spéculation, un ob-
oire spécial est indispensable au nouvel établissement; nous avons
ait ressortir les conditions favorables de l'emplacement choisi,
ettra, autant que la chose est possible, les instruments à l'abri de
ence d'une grande accumulation d'habitants.
n autre côté, pour l'étude de certains phénomènes, on voudra in-
re quelques variations dans les conditions naturelles ou tenter de
produire artificiellement; on voudra s'éclairer, par l'emploi de
se chimique, sur la nature des éléments constants ou variables
mosphère, des dépôts qu'ils peuvent produire, etc. Il faudra donc,
des appareils de la physique terrestre, disposer un laboratoire où
nt s'effectuer ces recherches spéciales.
n, il est impossible de séparer absolument l'étude des conditions
ues et chimiques de l'atmosphère de celle des modifications phy-
ques qu'elles impriment aux êtres vivants, animaux et végétaux,
développent. De là une troisième source d'observations et d'ex-
ces, qui peuvent présenter de l'intérêt au point de vue de l'hy-
t de la connaissance des êtres organisés.
si, pour le météorologiste, le champ de l'observation et de
ience est étendu et varié, il s'ouvre devant lui un horizon plus
ncore par la discussion et l'interprétation des faits acquis ou à ac-
par la recherche des lois que la sagesse infinie du Créateur a
es aux phénomènes atmosphériques, comme à tous les autres
ènes naturels.
discussion devra porter, non-seulement sur les données qui au-
é fournies par l'observatoire physique attaché à l'établissement,
ssi sur toutes celles qui lui seront adressées, soit des observatoires français, soit des observatoires étrangers. Elle ne devra pas seulement embrasser le temps présent ou les dernières années écoulées; mais, par un travail rétrospectif, dont les éléments commencent à se préparer partout et auquel il faudra imprimer une activité nouvelle, elle devra rechercher et utiliser, dans la limite de leurs valeurs respectives, tous les documents imprimés ou manuscrits qui seront de nature à jeter quelque jour sur la météorologie des temps qui nous ont précédés. L'air, le sol, les eaux, devront être ainsi étudiés, et, dans cette histoire des phénomènes physiques, la connaissance approfondie des phénomènes actuels servira à faire comprendre les faits obscurs et éloignés.

La Commission ne remplirait pas complétement vos intentions, monsieur le ministre, si, à côté des idées théoriques et des aperçus généraux qui constituent la science propre, elle n'indiquait pas, comme Votre Excellence l'a fait dans son Rapport à l'empereur, le point de vue pratique, les services de tous les jours que la nouvelle fondation est appelée à rendre à l'hygiène des hommes et des animaux, à l'agriculture, à la navigation. Mais qui ne voit que ce dernier point de vue est intimement lié au premier, et que, pour s'y placer avec quelque chance d'utilité réelle, il faut avoir longtemps médité sur les rapports des phénomènes qu'il s'agit de prévoir ou de prévenir? En météorologie, comme dans les autres sciences, c'est le théoricien qui, souvent sans le savoir, a précédé le praticien; c'est la discussion seule qui peut sérieusement conduire à la prévision.

Enfin, ce n'est pas tout d'avoir observé, d'avoir discuté au point de vue théorique et au point de vue pratique: il faut que ces études, pour être fructueuses à tous, subissent l'épreuve de la publicité. Cette publicité aura des formes diverses, qu'il faudra savoir choisir et adapter à chaque ordre de matières: publications journalières, mensuelles ou annuelles des données météorologiques centralisées par l'établissement ou fournies par son observatoire; publication des mémoires où seront abordées la discussion et l'interprétation des faits météorologiques actuels ou anciens; publication de cartes qui présenteront, sous une forme synoptique, pour la France et même pour le globe entier, l'état de chacune des grandes questions de la physique terrestre; d'où découle une troisième catégorie de travaux: les travaux de publication, lesquels ne sont qu'une conséquence immédiate et une dépendance des travaux de discussion.

De tout ce que nous venons de vous exposer, monsieur le ministre, il résulte que, des deux grands ordres de travaux qui incomberont à l'établissement dont vous nous avez chargé d'étudier l'économie, il y en a un qui a un caractère beaucoup plus général que l'autre. Tandis que l'observatoire physique de Montsouris, quelque talent qu'on y emploie à manier les meilleurs instruments, ne pourra donner, après tout, qu'une idée plus ou moins complète de la météorologie parisienne, le travail de discussion qui y sera exécuté embrassera la science entière et s'étendra sur tous les points des mers et des continents.

Il nous paraît désirable que le titre qui sera officiellement attaché à votre nouvelle création rappelle le but général, l'utilité nationale ou même universelle qu'on veut y atteindre. Nous vous proposons, en conséquence, de donner à l'établissement le nom de *Bureau météorologique central*.

II. — *Travaux d'observation et d'expérience.*

Ce que nous venons de dire de la variété des phénomènes dont l'atmosphère est le théâtre, et du rôle considérable et continuel qu'elle joue dans tout ce qui se passe à son contact immédiat, suffit, monsieur le ministre, pour faire concevoir aussi le nombre et la variété des recherches qui se groupent autour d'un véritable observatoire météorologique.

Ne pouvant, néanmoins, dans ce premier travail, qui ne doit vous soumettre qu'un plan général, entrer dans des détails qu'une sous-commission choisie parmi nous est déjà chargée d'élaborer, nous nous bornerons à donner ici la simple énumération des divers sujets d'étude qui seront du ressort de notre observatoire.

Bien que, dans une foule de cas, il soit assez difficile de tracer une limite précise entre l'observation proprement dite et l'expérimentation, nous diviserons notre sujet suivant ces deux titres, qui répondent, en définitive, à ces deux modes distincts de travail:

Chercher à saisir et à définir le phénomène naturel en lui-même, dans sa manifestation propre et avec ses complications;

Ou varier les conditions naturelles, y introduire des éléments nouveaux, qui permettent de les simplifier, d'en examiner séparément les diverses parties, en un mot, de les *analyser*.

Mais avant de passer à cette énumération des recherches à entreprendre, il convient de faire remarquer que le nouvel observatoire ne devra pas se contenter de déterminer avec exactitude le climat de Paris,

---

Extrait d'un rapport à M. Duruy, ministre de l'instruction publique.

qui, bien qu'anormal dans certaines limites, a néanmoins besoin d'être connu ; il aura aussi pour objet d'étudier théoriquement et de contrôler, par une expérience journalière, les divers moyens d'investigation météorologique déjà connus ou qui viendraient à être proposés. Consulté sur ces méthodes par quelqu'un des nombreux météorologistes français, il pourra en faire connaître les avantages et les défauts, et ne recommandera que celles qui conviendraient au but que se propose l'observateur et aux conditions particulières de sa station. A ce point de vue, l'observatoire de Montsouris présentera le double avantage, qui résulte pour lui de sa position au centre intellectuel de notre pays, de pouvoir réunir un personnel de choix et les moyens matériels les plus complets qu'on puisse désirer. L'empereur, à qui vous en avez soumis la première pensée et qui l'a accueillie avec tant de bienveillance, voudra assurément aussi qu'il ne le cède en rien aux observatoires de physique terrestre que l'on admire déjà dans quelques capitales de l'Europe, et qu'il devienne, pour les établissements analogues de la France, une sorte d'observatoire modèle. Il est donc nécessaire que, dans cette énumération, rien ne soit omis de ce qui peut entrer dans le cadre de ces travaux.

Recherches d'observations proprement dites. — Ces recherches comprennent :

1° La *thermométrie*, ou la détermination par les divers procédés connus (instruments fondés sur la dilatation des liquides, des gaz et des corps solides : thermomètres électriques, etc.) des températures de l'air à la surface du sol et à diverses hauteurs, des températures du sol à sa surface et à diverses profondeurs, des températures des eaux superficielles et souterraines.

2° La *barométrie*, ou détermination de la pression atmosphérique au moyen des divers baromètres à mercure et sympiézomètres, des baromètres métalliques, etc.

3° L'*hygrométrie*, ou la détermination des quantités absolues et des fractions de saturation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, en utilisant les divers hygromètres fondés sur l'absorption, la condensation, l'évaporation.

4° L'*atmidométrie*, ou la mesure de l'évaporation à la surface du sol.

5° L'*ombrométrie* (pluviométrie), ou la mesure des quantités d'eau recueillies sous forme de pluie, de neige, de grêle, de rosée ou de brouillard.

6° L'*ozonométrie*, ou la recherche, encore bien imparfaite, des modifications de l'oxygène atmosphérique auxquelles semblent dus divers effets, tels que la coloration variable des papiers iodurés, etc.

7° L'*électrométrie*, ou l'observation des divers états électriques de l'air, des nuages et de la terre. Ce genre de recherches, encore peu suivi, pourrait offrir un intérêt très-considérable pour la construction et l'emploi d'électromètres proposés et réalisés dans divers observatoires étrangers.

8° La *magnétométrie*, ou l'étude des variations du magnétisme terrestre, des aurores boréales, etc.

9° L'*héliométrie*, se divisant en *actinométrie, pyrhéliométrie, photométrie, spectroscopie*, et ayant pour but d'étudier l'influence variable de l'atmosphère ou des milieux interplanétaires sur la quantité et la qualité des radiations solaires qui parviennent à la surface du globe.

10° L'*anémométrie*, ou l'observation du vent dans sa direction et dans sa vitesse.

11° La *néphéloscopie*, ou l'étude de la forme, de l'abondance relative, de la hauteur et du mouvement des nuages, à laquelle on peut ajouter la *cyanométrie*, ou la mesure du degré de sérénité du ciel.

12° L'observation adventive des étoiles filantes et bolides, qu'on pourrait appeler *bolidoscopie*.

13° Celle des tremblements de terre, ou *sismométrie*.

A ces diverses observations, il faut ajouter celles qui ont pour objet d'apprécier l'influence des variations du milieu atmosphérique sur les êtres, végétaux ou animaux, qui y vivent. Cet ordre de considérations est susceptible de conduire à des recherches d'un intérêt d'autant plus vif qu'il embrasse les conditions hygiéniques et pathologiques de l'homme, qu'elles soient périodiques ou accidentelles. Elles peuvent se réduire à trois termes généraux, savoir :

14° L'observation de l'époque précise de la feuillaison, de la floraison et de la fructification des plantes.

15° Celle des migrations, apparitions ou disparitions des animaux voyageurs.

16° Enfin les recherches des influences périodiques ou non périodiques sur l'homme, les animaux et les plantes.

La plus grande partie des recherches qui viennent d'être énumérées peuvent être exécutées, soit par l'intervention directe et personnelle de l'observateur, soit par l'enregistrement automatique. Toutes les fois qu'il existera un moyen mécanique d'obtenir cet enregistrement, il sera essentiel de l'employer. Mais, dans notre pensée, l'instrument enregistreur ne sera probablement jamais assez parfait pour dispenser absolument de l'observation directe. Il sera excellent pour contrôler cette observation, pour en lier les points de repère par une courbe continue ; dans certains cas enfin, pour signaler une oscillation très-brusque qui, par sa rapidité même, aura pu échapper à l'observateur.

Cette question des enregistreurs automatiques, l'une des plus intéressantes de la météorologie, sera traitée avec tout le soin et tout le développement qu'elle mérite dans un rapport spécial, pour lequel la sous-commission chargée de l'installation s'appuiera sur les documents que Votre Excellence nous a permis de recueillir dans les missions scientifiques qu'elle a bien voulu confier à quelques-uns d'entre nous.

Enfin, monsieur le ministre, nous ne voulons pas quitter ce sujet sans vous rappeler un moyen d'observation qui a été inauguré en météorologie par Gay-Lussac et Biot, particulièrement par le premier de ces savants, dans sa célèbre ascension de 1804, et qui, depuis vingt ans, est devenu presque usuel en Angleterre : c'est l'emploi des appareils aérostatiques peur connaître les variations de l'atmosphère à des hauteurs plus ou moins grandes, soit qu'on utilise un simple ballon captif, dont les services sont nécessairement bornés, mais ont l'avantage de la continuité, soit que des aéronautes aillent, de temps à autre, porter eux-mêmes les instruments dans les couches d'air qu'on veut étudier.

Il est inutile d'insister sur l'intérêt que pourraient présenter de telles ascensions, si elles étaient faites dans des conditions qui n'ont jamais été réalisées en France.

La position de Montsouris serait d'ailleurs exceptionnellement favorable à ces expéditions, que les jeunes physiciens de l'observatoire demanderaient certainement la faveur de diriger eux-mêmes, sans refuser le concours d'aéronautes exercés. Néanmoins le haut prix de l'aérostat et les frais notables qu'entraîne chaque ascension (qui, pour être réellement utile à la science et digne d'elle, doit être exécutée en dehors de toute spéculation mercantile) nous ont engagés, monsieur le ministre, à ne faire figurer que pour mémoire les appareils aérostatiques dans le budget de l'établissement que nous vous soumettrons dans la suite de notre rapport, comme aussi à renvoyer à une sous-commission l'étude de cette question importante.

Travaux d'expérience. — Ces travaux se composent de deux parties très-distinctes.

Il faudra, en premier lieu, faire une étude spéciale et comparative des divers instruments ou appareils qui devront servir à l'observation. Il suffit de remarquer que cette étude, dans laquelle on cherchera à faire varier autant que possible les conditions de l'expérimentation, devra embrasser la presque totalité des appareils implicitement compris dans l'énumération précédente, pour se faire une idée de l'importance et de la variété des recherches qu'elle comporte.

La seconde partie des travaux exécutés dans le laboratoire consistera en analyses chimiques ou mécaniques. On étudiera de cette manière :

1° L'air atmosphérique et les gaz contenus dans le sol en dosant leurs éléments : oxygène, azote, acide carbonique, vapeur d'eau, ammoniaque, composés nitreux, etc.

2° Les eaux météoriques provenant de pluie, de neige, de brouillard, etc.

3° Les eaux superficielles et profondes, en tenant compte des matières tenues en suspension ou en dissolution dans les eaux.

4° Enfin on fera l'analyse, par le microscope ou par les procédés de fermentation, des poussières d'origine minérale ou organique entraînées par l'air ou par les eaux.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'importance que ce dernier genre de recherches a reçue de travaux récents et sur l'immense intérêt qu'il y aurait à s'assurer, par des expériences précises et continues, si l'air est ou non, en rapport, par les corps microscopiques qu'il transporte, avec les épidémies qui frappent l'homme, les animaux, les plantes, et dont nous avons vu tant d'exemples depuis le commencement de ce siècle.

Vous serez peut-être effrayé, monsieur le ministre, à la lecture de cette énumération des travaux qu'on peut demander à un observatoire physique, tel que celui que vous proposez de créer. Et néanmoins nous osons vous affirmer que, si le gouvernement de l'empereur, pénétré comme nous le sommes, et vous nous permettrez d'ajouter comme vous l'êtes vous-même, de l'intérêt qui s'attache à ces recherches, nous accordait, à votre demande, le personnel et le matériel nécessaires, aucune de ces nombreuses branches de la physique terrestre ne serait négligée, toutes y seraient dignement représentées, et la France conquerrait, dans ces belles études, la place que rêvait déjà pour elle, il y a quatre-vingts ans, le génie de Lavoisier.

CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 36 — 7 AOUT 1869

Paris, 6 août 1869.

cadémie de médecine de Paris vient de pourvoir à la vacante dans la section de pathologie médicale. La sec- par l'organe de M. Hérard son rapporteur, présentait : remière ligne, *ex æquo*, M. Bernutz et M. G. Sée, profes- à la Faculté de médecine de Paris ; en seconde ligne, *ex* , M. Woillez et M. Villemin, l'auteur des travaux sur culabilité de la tuberculose qui ont renouvelé toutes nos sur cette maladie.

premier tour de scrutin, sur 69 votants, M. G. Sée a été mé par 48 voix, contre 14 données à M. Bernutz, 5 à oillez, et 2 à M. Villemin.

La mort de Schönbein, l'infatigable et ingénieux chimiste tait un des professeurs les plus célèbres de l'Université ale, laissait une place vacante parmi les correspondants la section de chimie à l'Académie des sciences de Paris. section a présenté, pour y pourvoir, la liste suivante : en ière ligne, M. Dessaignes ; en deuxième ligne, M. Chan- professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, et en ième ligne, M. Reboul, professeur à la Faculté des scien- le Rennes. — M. Dessaignes a été nommé au premier de scrutin par 35 suffrages contre 3 donnés à M. Chancel. oiqu'il n'y ait pas de distinction réglementaire entre classes de correspondants, les uns nationaux et les au- étrangers, il est d'usage de remplacer les correspondants naux par des nationaux, et les correspondants étrangers les étrangers. Or, M. Schönbein appartenait à la Suisse, en Allemagne qu'il avait cherché sa direction scientifi- et ses inspirations, c'est en allemand qu'il publiait d'or- ire ses travaux. Il y a quelques années, on avait fait l'in- , on avait remplacé un correspondant national par un evois, mais au moins Genève parle français, et son mou- ent scientifique et littéraire se rattache plutôt à la France l'Allemagne. L'Académie des sciences aurait-elle rendu tre pays ses fameuses limites naturelles qu'il attend de- si longtemps, et la France scientifique s'étendrait-elle dément jusqu'au Rhin ?

Un des derniers actes de M. Duruy a été de déclarer la nce de la chaire d'histoire naturelle des corps organisés Collége de France, vacante depuis la mort de Flourens. professeurs du Collége de France ont présenté en pre- re ligne, à l'unanimité, M. Marey, qui fait le cours depuis ieurs années déjà à titre de professeur suppléant. Nos urs ont pu apprécier cet enseignement, dont une partie ortante a paru dans nos colonnes (t. IV, mars à novem- 1867, pages 257, 296, 318, 353, 374, 568, 601, 679, 726, 794, 809, 820, 833, et l'année courante, pages 61, 171 et 252, 26 décembre 1868, 13 février et 20 mars 1869). Et d'ailleurs, la *Revue des cours scientifiques* n'avait pas attendu que M. Marey fût professeur pour publier ses travaux (voyez notre t. III, pages 170, 203, 331, 346, 408, 549, 566, février à juillet 1866).

L'Académie des sciences a également présenté M. Marey en première ligne par 33 voix contre un billet blanc et une voix donnée à M. Armand Moreau, qui a suppléé M. Flourens pendant un an, et dont nous avons alors publié quelques leçons (voyez notre tome III, pages 425 et 722, 26 mai et 29 septembre 1866). M. Armand Moreau a été placé en seconde ligne par l'unanimité de suffrages moins le bulletin blanc.

— L'Allemagne vient de perdre un de ses plus célèbres naturalistes, M. Carus (de Dresde), qui présidait l'année dernière le congrès des naturalistes allemands tenu dans cette ville. Né en 1789, M. Carus avait quatre-vingts ans, et, depuis plusieurs années déjà, il n'assistait plus au mouvement scientifique qu'en simple spectateur. Dans cette sorte de retraite intellectuelle, il reporta sa pensée vers les débuts de sa carrière et publia, en 1865, des *Souvenirs de ma vie*.

Fils d'un teinturier, il étudia d'abord la chimie pour suivre la profession de son père. Mais, grâce à la constitution des Universités allemandes qui réunissent en un seul ensemble les diverses branches des connaissances humaines et les élèves qui les étudient, il se prit d'un goût très-vif pour les sciences naturelles et fut reçu docteur en médecine en 1811. Bientôt après, il inaugurait l'enseignement de l'anatomie comparée comme *privat-docent* à l'Université de Leipsik, et, en 1813, il dirigeait l'hôpital français établi près de cette ville, à Pfaffendorf. Plus tard, il fut nommé professeur à l'Académie médico-chirurgicale de Dresde, où il devint successivement médecin du roi de Saxe, conseiller d'État et président de l'Académie Leopoldino-Caroline. Depuis 1859, il était correspondant de l'Académie des sciences de Paris.

M. Carus a publié un grand nombre d'ouvrages sur les sciences naturelles. Nous citerons seulement son travail sur les *conditions vitales extérieures des animaux inférieurs*, couronné par l'Académie de Copenhague en 1824, et surtout son grand traité *de la circulation du sang chez les insectes*, paru en 1827 et couronné par l'Académie des sciences de Paris en 1834, qui contient la découverte capitale à laquelle son nom est resté attaché. Les recherches de Carus ont été bien dépassées depuis ; mais il ne faut pas oublier qu'il eut le mérite d'étudier un des premiers les animaux inférieurs.

A partir de 1840, M. Carus publia divers ouvrages où il essaya de marier les sciences avec la philosophie, et des idées générales qui n'étaient pas toujours inattaquables. On lui doit aussi des lettres sur la peinture de paysage, qu'il avait cultivée lui-même avec succès.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. F. A. ABEL (1)

de la Société royale de Londres

Application de l'électricité à la marine et à la guerre

Les applications qui, dans ces dernières années, ont été faites de l'électricité au service de la marine et de l'armée, sont nombreuses et importantes. L'usage de la lumière électrique pour les signaux et les reconnaissances; la facilité avec laquelle on pose des fils télégraphiques qui permettent à une armée en campagne, ou occupée à un siége, de rester en communication intime avec l'autorité qui la dirige ; l'emploi des signaux électriques sur les vaisseaux de guerre ; la mesure exacte de la force de projection de la poudre et des autres substances explosives : voilà quelques-unes des applications de l'électricité à l'art de la guerre. Mais la première par ordre de date, une des plus importantes et des plus générales, application qui, d'ailleurs, présente un grand intérêt au point de vue de l'industrie,— c'est l'emploi de l'électricité pour produire l'explosion des mines, soit à terre, soit sous l'eau.

La possibilité de se servir de l'étincelle électrique pour enflammer une charge de poudre avait été entrevue par Franklin en 1751, et par Priestley en 1767 ; mais ce ne fut que quelques années après l'invention de la pile par Volta, qu'on s'occupa sérieusement d'appliquer l'électricité aux mines et à l'art militaire. La première application pratique en fut faite, il y a une trentaine d'années, par des officiers du génie français ; quelques années plus tard, la batterie électrique fut employée avec succès en Angleterre dans quelques opérations importantes, pour faire sauter la falaise de *Round-Down* à Douvres, et pour débarrasser le chenal de Spithead (2) des carcasses du *Royal George* et de l'*Edgar*, qui s'y étaient perdus. La méthode qu'on avait adoptée pour ces premières opérations fut suivie par tous les ingénieurs militaires anglais presque jusqu'à nos jours; on la suit même encore quelquefois, quoiqu'elle ait été généralement remplacée par d'autres systèmes, qui présentent de très-grands avantages. Cette méthode consiste à introduire dans la charge de poudre un fil court et mince, d'un métal de faible conductibilité, tel que le fer ou le platine, et à mettre ce fil en communication avec les pôles de la batterie électrique. La résistance que le fil oppose au passage du courant amène un développement de chaleur, dont l'intensité dépend de la conductibilité, de la longueur et de la section du fil métallique. Ce fil peut être porté au rouge, ou même fondu ; et ainsi, en fermant le circuit au moment voulu, on peut mettre le feu à une charge de poudre. On produit l'explosion simultanée de plusieurs charges en faisant entrer dans le circuit plusieurs morceaux de fil métallique mince.

Bien que l'emploi d'un courant voltaïque de faible tension présente de grands avantages sur l'ancien système, qui consistait à mettre le feu aux mines à l'aide d'une traînée de poudre ou d'une mèche à combustion lente, l'application de l'électricité à l'art militaire n'est pas sans difficultés et sans incertitudes. En effet, l'action des mêmes éléments voltaïques n'est pas toujours uniforme; il n'est pas facile de transporter sans accident et de conserver en bon état la pile et les substances nécessaires pour qu'elle fonctionne ; le succès demande du soin et une certaine expérience de la part de l'opérateur; enfin, il faut augmenter d'une manière notable la puissance de la pile, dès qu'il s'agit de produire l'explosion simultanée d'un certain nombre de charges, ou d'enflammer de la poudre à une distance un peu considérable.

Ces inconvénients avaient frappé tous les hommes compétents. Bientôt après le succès des premières expériences, les ingénieurs militaires de l'Europe, et tous ceux qui avaient quelque motif de s'intéresser à leurs opérations, cherchèrent s'il n'était pas possible de se servir de l'électricité de forte tension pour produire l'explosion des mines, ce qui devait permettre de réduire les dimensions des piles dont on faisait usage, ou même de les supprimer entièrement. En 1853, le colonel Verdu, officier espagnol, fit avec M. Ruhmkorff une série d'expériences sur l'explosion de la poudre à l'aide de la bobine d'induction électro-magnétique. Le succès de ces expériences engagea le colonel Verdu à les poursuivre, une fois de retour en Espagne : bientôt il réussit à faire partir six mines à la fois avec un seul élément de Bunsen, à une distance d'environ 300 mètres, grâce à l'emploi de la bobine de Ruhmkorff. Nous parlerons plus bas de la manière dont le colonel Verdu opérait, et des difficultés qu'il eut à surmonter. Tandis que le succès de ces opérations engageait les ingénieurs militaires en Espagne, en France et en Russie à étendre encore ces applications des appareils d'induction électro-magnétique, un comité d'ingénieurs militaires autrichiens, parmi lesquels nous pouvons citer en première ligne le baron von Ebner, travaillait à produire l'explosion de la poudre à l'aide de l'électricité de frottement. Ces officiers jugeaient l'appareil d'induction électro-magnétique trop compliqué et trop exposé à se déranger pour qu'on s'en servît en campagne. Les essais sur l'électricité de frottement n'avaient jusqu'alors donné que des résultats fort médiocres. En 1831, Moïse Shaw (de New-York) avait réussi à faire sauter à la fois plusieurs mines à l'aide de l'électricité de frottement ; mais ce résultat était insuffisant au point de vue de la pratique, car il ne pouvait opérer avec quelque chance de succès que par un temps tout à fait sec. Des résultats un peu plus satisfaisants avaient été obtenus en Allemagne de 1842 à 1845 ; mais, malgré tout, le succès pratique semblait fort douteux, quand les officiers du génie autrichien commencèrent leurs expériences. Le résultat de leurs efforts fut une machine électrique à frottement, de verre, portative, et donnant, lorsqu'elle était en bon état, des résultats supérieurs à ceux qu'on obtenait avec l'appareil d'induction voltaïque. On se servit de cette machine dans des opérations faites sur une assez grande échelle. Ainsi, on put faire partir à la fois à terre cinquante mines, et, sous l'eau, trente-six appareils chargés de poudre. Cependant, malgré toutes les précautions, la nouvelle machine était encore trop sensible à l'action de l'humidité pour servir, dans tous les cas, aux opérations militaires. Mais les efforts persévérants du baron von Ebner lui donnèrent enfin une machine électrique qui n'a presque aucun des défauts ordinaires à ce genre d'appareil.

Tandis que le reste de l'Europe faisait des progrès si remarquables dans l'application de l'électricité aux mines, on semblait négliger cette question en Angleterre. En 1855, cependant, Sir C. Wheatstone appela l'attention du feld-maréchal

(1) Voyez dans notre tome III, page 825, 17 novembre 1866, une conférence de M. Abel sur *les nouvelles poudres*.

(2) Le mouillage près de l'île de Wight, vis-à-vis de Portsmouth.

hn F. Burgoyne sur la nécessité d'étudier expérimentait les avantages relatifs des différentes sources d'électrie tension, quand on les emploie à produire l'explosion poudre. Le comité d'artillerie, dont Sir C. Wheatstone et iel faisaient alors partie, fut chargé de cette enquête. érie de recherches, commencée par une partie du cofut ensuite poursuivie par M. Abel à Woolwich et à Cha- : les résultats obtenus sont consignés dans un rapport M. Wheatstone et Abel, présenté au ministre de la e en 1860. Depuis lors M. Abel, en sa qualité de memı comité de défense des côtes, a poursuivi une série de rches méthodiques sur l'électricité appliquée à produire osion des mines, surtout au point de vue des opérations narines, recherches qui ont amené des perfectionnements s simplifications considérables dans les appareils. Les nations de l'Europe ne sont pas restées en arrière dans étude, et depuis deux ou trois ans nos ingénieurs milireconnaissent dans la pratique tous les avantages de l'apion de l'électricité de tension à l'explosion des mines, ı'ils renoncent peu à peu, dans presque tous les cas, à en système, et consacrent tous leurs efforts à l'étude prades nouveaux.

s allons donner un aperçu rapide des résultats obtenus aujourd'hui avec les différents instruments qui produie l'électricité de tension.

s avons déjà dit qu'en 1853 le colonel Verdu avait réussi luire l'explosion simultanée de plusieurs mines à l'aide bobine d'induction de Ruhmkorff. Dans ces expériences, erminait l'inflammation de la poudre au moyen d'une ou usieurs faibles solutions de continuité dans le circuit, ons que le courant franchissait sous forme d'étincelle. étincelle peut enflammer de la poudre, mais pas toufacilement, quoique la chaleur développée soit bien sure à celle qui est strictement indispensable pour cela. son en est qu'il faut, pour enflammer de la poudre, ou tact d'une surface chaude assez considérable, ou l'apon continue de la chaleur pendant un court espace de tandis que la décharge que donne une bobine d'inn, quand le circuit se trouve interrompu, se compose série de décharges instantanées qui se suivent avec une ande rapidité. Aussi la poudre ne prend-elle pas toueu au moment où jaillit l'étincelle; et même, si la pouest pas très-serrée autour de l'extrémité des fils entre s l'étincelle se produit, elle peut être dispersée par ı mécanique de cette étincelle, sans qu'il y ait explosion. me, quand une série d'étincelles traversent en même plusieurs charges de poudre, il arrive souvent que es-unes seulement font explosion : c'est qu'alors quelrains de poudre se sont trouvés dans des positions ou es conditions plus favorables par rapport à la source de r que là où il n'y a pas eu explosion. Le colonel Verdu à augmenter les chances d'ignition simultanée de plucharges, en entourant les fils conducteurs, à l'endroit olution de continuité, d'une substance bien plus inable que la poudre, le fulminate de mercure.

autre difficulté qui se présente quand on veut produire sion simultanée d'un grand nombre de charges de poufaide de l'étincelle de la bobine d'induction, c'est l'afement de l'étincelle toutes les fois que le nombre de ns de continuité dans le circuit est un peu considérable. lifficulté fut vaincue jusqu'à un certain point, grâce à l'emploi d'une amorce conductrice préparée par MM. Statham et Brunton, dans laquelle l'espace entre les interruptions du fil se trouve rempli par une couche mince d'un corps très-divisé, le sous-sulfure de cuivre : ce corps a une conductibilité assez grande pour favoriser le passage de l'étincelle électrique à travers la solution de continuité ; il est de plus très-inflammable, de sorte qu'il contribue directement à l'ignition de la poudre. Cependant, même en employant à la fois ce corps conducteur et le fulminate de mercure, la puissance de la bobine d'induction se trouvait encore limitée quand il s'agissait de faire partir plusieurs charges à la fois. Le colonel Verdu eut alors recours à la disposition suivante. Les charges dont on veut produire l'explosion, distribuées par petits groupes, sont toutes mises en communication avec la terre ; en outre, un fil conducteur isolé fait communiquer chaque groupe avec une petite plaque distincte, isolée aussi. Si l'on fait alors rapidement entrer toutes les plaques, l'une après l'autre, dans le circuit de la bobine d'induction, les différents groupes feront explosion avec assez de rapidité pour produire des résultats bien peu différents de ceux qu'aurait pu donner l'explosion simultanée de toutes les charges.

Le colonel Verdu avait à peine imaginé cette disposition, lorsque M. Savare en proposa une autre qui donne, à l'aide de la bobine, l'explosion successive, mais bien plus rapide encore, d'une série de charges de poudre. M. Savare partage en plusieurs ramifications le circuit métallique qui traverse toutes les charges, de sorte qu'au moment où l'on ferme le circuit, les courants, qui se suivent très-rapidement, se distribuent le long des différentes ramifications avec un degré d'uniformité qui dépend de la résistance que chacune d'elles leur oppose. Ainsi, lorsque chaque ramification du circuit présente une ou plusieurs solutions de continuité, les points qui offrent le plus de facilité au passage du courant sont les premiers à produire une explosion; alors le passage de l'électricité se trouve interrompu sur ces points, ce qui amène nécessairement l'explosion des charges que traversent les autres ramifications. En employant des courants qui se suivent avec l'énorme rapidité que donne la bobine d'induction, il est toujours facile de faire partir plusieurs mines l'une après l'autre avec une vitesse qui, au point de vue des résultats pratiques, est presque équivalente à une décharge instantanée.

Déjà, pendant la guerre de Crimée, les Russes s'étaient plusieurs fois servis de la bobine de Ruhmkorff pour faire sauter des mines. A Cherbourg, en 1854, on s'en était servi également sur une grande échelle, pour faire sauter des rochers. En 1856, on entreprit à Woolwich une série d'expériences avec deux excellentes bobines d'induction sorties des ateliers de M. Ruhmkorff : on y étudia surtout le pouvoir relatif de diverses substances appliquées aux points des fils conducteurs, où il y a solution de continuité, pour augmenter la puissance de la machine de manière à produire l'explosion simultanée d'un grand nombre de charges. Ces expériences firent considérer le fulminate de mercure comme le meilleur corps comburant; mais on ne put déterminer l'explosion de plus de douze charges à la fois, en se servant de la bobine la plus puissante qu'on eût, et d'une pile de 12 éléments. Il est vrai qu'on n'avait employé ni la méthode d'explosion de Verdu, ni celle de Savare. En même temps on constata d'assez grands défauts dans les instruments : l'action du même appareil, à des époques différentes, n'est pas uniforme ; de plus, on est exposé à des dérangements fréquents, surtout du condensateur.

Vers la fin des expériences, on put avec les mêmes bobines obtenir des résultats bien plus satisfaisants, en modifiant la disposition du fil à l'endroit de la solution de continuité : quinze charges furent enflammées à la fois par une batterie de six éléments ; cinquante charges, disposées par groupes de dix sur le parcours d'un courant ramifié, firent explosion en produisant le même effet qu'une décharge simultanée. Ces résultats furent obtenus avec les machines que construisait M. Ruhmkorff en 1855; mais ils sont devenus insignifiants par suite des perfectionnements que l'inventeur a apportés depuis à la construction de ses appareils. Il reste donc démontré que la bobine de Rhumkorff peut servir dans certains cas pour les opérations faites sur une grande échelle ; mais, si l'on veut un appareil simple, une action sûre et constante, la bobine est bien inférieure à d'autres instruments dont nous parlerons plus bas.

En 1856, Sir Charles Wheatstone eut l'idée d'employer, pour produire l'explosion de la poudre, les courants induits que donnent les aimants permanents. Les premières expériences furent faites avec une machine magnéto-électrique fort puissante, construite par M. Henley, et dont l'armature, munie de deux grosses bobines, était brusquement séparée de son aimant par l'action d'un fort levier. Très-peu d'expériences suffirent pour démontrer que même le courant induit donné par cet instrument puissant ne réussissait pas dans tous les cas à enflammer une seule charge de poudre. L'amorce de Statham, et un des deux autres conducteurs déjà inventés à cette époque, donnèrent des résultats un peu plus satisfaisants, quoique toujours incertains.

M. Abel, aidé de M. Brown du laboratoire de Woolwich, entreprit alors de rechercher les conditions que devait remplir un conducteur pour donner des résultats assurés avec la machine magnéto-électrique. Une série d'expériences très-nombreuses démontra que la substance dont il fallait garnir la solution de continuité du conducteur au point d'explosion devait être à la fois très-inflammable et douée d'une grande conductibilité ; il fallait aussi une grande uniformité dans la disposition des pôles, ou extrémités des fils conducteurs, au point d'ignition.

Les opérateurs réussirent, après bien des efforts, à trouver pour les extrémités conductrices un mode de disposition qui en assure l'uniformité complète dans tous les cas. Avec des pôles ainsi disposés, ils employèrent avec succès comme agent d'inflammation la poudre mêlée d'une très-faible quantité de chlorure de calcium : ce mélange, exposé même très-peu de temps au contact de l'air, absorbe assez d'humidité pour rendre la poudre éminemment conductrice de l'électricité. Cependant, quoique les extrémités du fil conducteur en présence soient hermétiquement enfermées dès que l'appareil est achevé, la quantité d'humidité absorbée pour le mélange sera évidemment variable, et dès lors la conductibilité de ce mélange sera variable aussi. Mais d'autres recherches montrèrent qu'avec le sous-phosphure de cuivre, le sous-sulfure de cuivre et le chlorate de potasse réunis, on obtenait un mélange très-inflammable et dont l'action était toujours certaine. En appliquant ce nouvel enduit aux extrémités des fils conducteurs, on put, avec le grand aimant de Henley, déterminer toujours l'explosion simultanée de trois charges à la fois ; un petit aimant en fer à cheval, à armature mobile, en faisait partir vingt-cinq à des intervalles extrêmement rapprochés, en employant un conducteur ramifié. On essaya aussi de combiner six petits aimants composés, qui donnèrent des courants à succession très-rapide : cet appareil, avec le conducteur ramifié, peut faire partir vingt-cinq charges à de si faibles intervalles, que l'effet produit sur l'oreille est celui d'une seule explosion. Même les petits appareils magnéto-électriques dont on se sert en médecine, donnent des résultats certains avec le dernier mélange inflammable dont nous venons de parler.

L'efficacité des machines magnéto-électriques était donc désormais un fait acquis. M. Abel entreprit alors à Chatham, en 1857 et 1858, avec le concours du colonel H. Scott, du corps du génie, une série d'expériences sur l'explosion, soit des mines, soit des charges sous-marines : les avantages considérables de simplicité et d'action constante que présentent les appareils magnéto-électriques sur les piles employées jusqu'alors furent pleinement démontrés. Sir C. Wheatstone construisit des instruments d'explosion d'un très-petit volume, mais d'une grande puissance, et, depuis sept ou huit ans, ces instruments ont reçu plus d'une application importante. Ainsi, c'est l'appareil de Wheatstone qui sert à essayer les canons à Woolwich, et à faire partir de loin et sans danger les pièces dans toutes les expériences qui se font à Shoeburyness (1) ; le même appareil est encore fort utile dans toutes les expériences d'électro-balistique, lorsque l'opérateur désire faire lui-même partir un canon à un moment déterminé. Les machines magnéto-électriques sont aussi fort utiles dans tous les travaux où l'on emploie la mine, à moins qu'il ne soit indispensable de faire partir un grand nombre de mines absolument au même instant.

Depuis que le succès des appareils de Wheatstone a été bien constaté, on a inventé, en Europe et en Amérique, plusieurs autres formes de machines magnéto-électriques. Siemens et Halske (de Berlin) fabriquent des instruments puissants, semblables à ceux de Wheatstone ; Markus (de Vienne) a construit des instruments fort énergiques, dans lesquels il suffit, pour produire une explosion, que l'armature se sépare de l'aimant et y revienne une seule fois. Ces instruments ont l'inconvénient de ne pouvoir donner une *succession* de courants, comme le font les machines dont l'armature a un mouvement de rotation ; aussi le nombre de mines qu'elles peuvent faire partir avec un conducteur ramifié est-il assez restreint. Un Américain, M. Beardslee, a aussi imaginé une modification de l'appareil de Wheatstone : il fait tourner les aimants entre les bobines de l'armature, et obtient des courants plus abondants, mais de plus faible tension que ceux de Wheatstone. L'amorce que M. Beardslee emploie avec cet instrument est construite d'après le même principe que celle d'Abel ; mais la substance dont il garnit l'intervalle entre les extrémités des fils conducteurs se compose de plombagine et d'une très-faible quantité d'un corps qui semble être du collodion, et qui, augmentant le volume des étincelles produites au moment du passage du courant, ajoute ainsi à la certitude de mettre le feu à la poudre en contact avec les pôles. Ces amorces donnent de bons résultats avec les instruments du genre de celui de M. Beardslee, mais elles sont bien moins sensibles que celles de Woolwich, et peuvent par conséquent faire partir bien moins de charges à la fois. Sir C. Wheatstone vient aussi de modifier ses premiers appareils : il a construit un instrument magnéto-électrique plus puissant, qui donne à volonté des courants abondants et de faible ten-

(1) A l'embouchure de la Tamise.

i des courants de forte tension. Enfin, MM. Ladd et ng ont inventé des instruments moins chers que les nts, mais bien assez puissants pour déterminer l'ex- des mines ordinaires des carrières.

ul inconvénient, inconvénient majeur il est vrai, qui ie de se servir des instruments magnéto-électriques utes les mines en général sur terre et sous l'eau, c'est moindre imperfection dans l'isolement du fil conduc- ii relie l'appareil à la mine en annule complétement . La tension considérable du courant produit, et la quantité d'électricité que développent même les ma- les plus puissantes de ce modèle, font qu'au lieu de le chemin qui lui était préparé, le courant va se perdre : sol dès qu'il rencontre un point par où il puisse per. Cette perte est encore favorisée par la résistance osent les conducteurs eux-mêmes. Avec des précau- on peut se mettre à l'abri de cette cause d'insuccès les fois qu'on opère sur terre; mais il n'en est pas de pour les appareils sous-marins : avec des fils submer- s défauts insignifiants dans l'isolement, qui, à terre, ent aucune influence sur le résultat, empêchent com- ent les explosions. Ainsi, de tous les instruments élec- destinés à produire des explosions, les appareils ma- électriques sont ceux sur lesquels on doit le moins r, dès qu'il s'agit d'opérer sous l'eau.

857, on a fait à Woolwich quelques expériences sur oi de l'électricité de frottement pour produire les explo- on s'est surtout servi d'une petite machine hydro- que que Sir William Armstrong avait construite pour Quand il s'agissait de mettre le feu à plusieurs charges ble, toutes les fois que la machine était en bon état, elle é des résultats bien supérieurs à ceux qu'on obtenait ous les autres instruments essayés alors : avec cet in- ent on a souvent fait partir à la fois jusqu'à cent charges, n seul courant. Mais l'incertitude de son action, la dif- de s'en servir en campagne, firent renoncer à continuer périences avec cet appareil.

s les expériences faites en Autriche, les difficultés que ait rencontrées venaient surtout de l'usage des machines rre à frottement; le baron von Ebner chercha donc luire un instrument dans la construction duquel il ât pas de verre, et qui fût par conséquent bien moins le aux influences atmosphériques. Ses travaux furent nnés de succès : il trouva dans le caoutchouc durci et nisé, connu sous le nom d'*ébonite* ou de *vulcanite*, rps électrique tout à fait propre à la construtiom de l'ap- de frottement. De plus, en employant une feuille de chouc vulcanisé revêtue d'une feuille d'étain en rouleau il avait, sans se servir de verre, un condensateur aussi nt que la bouteille de Leyde. Cette machine ainsi per- nnée et de petit volume, revêtue d'une enveloppe qui en tissait toutes les parties importantes du contact de l'air, fut uite par MM. Siemens (de Berlin) et Lenoir (de Vienne); odèles furent exposés en Angleterre, en 1862, époque machine électrique avait déjà reçu d'importantes appli- s à l'art militaire et était régulièrement adoptée pour vice. Le baron von Ebner avait aussi travaillé, depuis le nencement des expériences faites en Autriche, à produire nducteur qui pût servir avec l'électricité de tension; riche lui doit une amorce simple et efficace, qui, sous pport de la disposition des pôles et de la substance in- flammable dont ils sont garnis, peut être considérée comme réunissant les principes du conducteur de Statham et de celui d'Abel. Quoique moins sensible que l'amorce électrique ac- tuellement employé en Angleterre, elle détermine, avec la machine électrique d'ébonite, l'explosion d'un très-grand nom- bre de charges avec un circuit simple. La puissance de cet appareil, sous sa forme portative, est presque égale à celle de la machine hydro-électrique dont nous venons de parler, quand cette dernière marche bien. On peut donc, en l'em- ployant, faire partir à la fois un bien plus grand nombre de mines qu'avec une pile d'un grand nombre d'éléments, ou avec les machines magnéto-électriques les plus puissantes que l'on ait construites jusqu'ici. Avec une des machines por- tatives, on a souvent fait partir à la fois cent charges en se servant du conducteur d'Abel; on peut obtenir des effets encore plus considérables avec un instrument plus grand, muni d'une batterie de condensateurs, qui a été construit spécialement pour les opérations sous-marines par M. Becker, d'après le conseil du capitaine Maury. Par le temps le plus humide, quand les machines électriques de verre auraient été impuissantes, à moins d'être enfermées dans une chambre chauffée et d'où l'on aurait, autant que possible, exclu l'air ex- térieur, ces machines d'ébonite ont été employées plusieurs fois dans la même journée, avec des résultats très-satis- faisants.

Un autre avantage important que ces instruments ont sur les machines magnéto-électriques, c'est que des imperfections très-notables dans l'isolement des fils conducteurs, même sous l'eau, ne diminuent pas assez la puissance du courant pour faire manquer les explosions sous-marines les plus con- sidérables qui puissent être nécessaires dans la pratique. Mal- heureusement, le fait même qui constitue le principal avan- tage de cet appareil, je veux dire la puissance du courant de forte tension dont il charge un conducteur isolé, est aussi une source d'inconvénients graves, que nous indiquerons tout à l'heure, inconvénients qui diminuent beaucoup les applica- tions qu'on en peut faire aux opérations navales et mili- taires.

On a, depuis trois ans, inventé de nouveaux appareils élec- triques qui promettent de remplacer avec avantage même ces puissantes machines à frottement. Les instruments dont je veux parler, et auxquels Wheatstone, Wilde, Siemens et Ladd ont donné des formes différentes, ont reçu le nom gé- nérique de machines *dynamo-électriques*, parce que la force dynamique devient, grâce à elles, une source directe et puis- sante d'électricité. Dans les machines de Siemens, de Wheat- stone et de Ladd, la force mécanique se transforme en force électrique sans l'intermédiaire d'aimants permanents. L'ac- tion de la forme la plus simple de ces instruments peut être représentée comme il suit : — Le *magnétisme rémanent* qui subsiste dans un électro-aimant suffit pour développer un cou- rant induit dans le fil qui entoure une armature à rotation rapide; ce courant, agissant à son tour sur l'électro-aimant, y développe une puissante aimantation par la force inductive du fil isolé qui l'entoure; les courants qu'avait développés l'électro-aimant deviennent par conséquent bien plus puis- sants, et réagissent avec plus de force sur l'armature : ainsi s'opère très-rapidement une énorme accumulation de force électrique, jusqu'à ce que, au moment où cette accumulation arrive au maximum qu'on peut lui donner sans nuire à l'iso- lement des fils inducteurs, un simple appareil d'interruption

fasse passer le courant de la machine aux fils conducteurs qui doivent servir à l'utiliser. Les détails des machines varient suivant le plan adopté par chaque constructeur, mais l'explication que nous venons de donner s'applique plus particulièrement aux machines de MM. Siemens et Halske, qui ont été les premiers à produire un petit instrument de cette espèce tout à fait applicable à l'explosion des mines et presque aussi puissant que la machine d'ébonite à frottement.

L'explosion de cinquante charges disposées en circuit simple a été obtenue à plusieurs reprises, sans jamais manquer, avec une de ces machines ; nous avons donc là un instrument qui suffit dans tous les cas pour les mines sur terre ou sous l'eau, et qui est tout à fait à l'abri des irrégularités dues à l'état de l'atmosphère. Le mécanisme en est simple et moins susceptible de se déranger que celui de n'importe quel appareil magnéto-électrique. Comme d'ailleurs son action ne demande pour se développer qu'une force purement mécanique, il serait bien supérieur au meilleur des appareils magnéto-électriques, quand même il ne les surpasserait pas tous en puissance. Pour bien des opérations militaires, et aussi pour les travaux des mines, les machines dynamo-électriques à main, construites par MM. Siemens et Halske, sont donc sans contredit supérieures à tous les autres appareils qui donnent de l'électricité de tension. Néanmoins ce genre d'instruments a encore, du moins jusqu'à un certain point, un des grands défauts des machines électriques à frottement, défaut qui vient des charges considérables d'électricité de forte tension qu'ils font passer par les conducteurs. Dès les premières expériences faites en Autriche avec l'électricité de frottement, on s'est aperçu que si deux ou plusieurs fils isolés, communiquant avec des mines différentes, suivaient la même direction sur un parcours assez restreint, sans même que la proximité fût extrême, l'électricité que la machine faisait passer sur l'un des fils, pour faire partir seulement une série de mines, pouvait développer dans les fils voisins, qui ne se trouvaient pas en ce moment en communication avec la machine, un courant induit assez fort pour produire l'explosion des mines auxquelles aboutissaient ces derniers fils. Quelques résultats obtenus à Chatham, et de nombreuses expériences faites tout récemment à Woolwich, ont non-seulement confirmé ces observations des savants autrichiens, mais encore montré que nous n'avons, dans l'état actuel de la science, aucun moyen de remédier à cet inconvénient grave des charges considérables d'électricité de forte tension. Ainsi, toutes les fois qu'il faudra mener plusieurs fils conducteurs du centre commun, c'est-à-dire de l'appareil électrique, à plusieurs mines différentes ou à plusieurs groupes de mines, qu'on voudra faire partir séparément, il sera impossible de se servir de la machine électrique à frottement sans de grands risques d'insuccès, quand même les fils, disposés à la surface du sol ou passant sous terre, seraient placés aussi loin l'un de l'autre que possible. En effet, aboutissant tous au même appareil, ils doivent forcément, sur une certaine longueur, se trouver dans le voisinage l'un de l'autre, et ce fait seul, dès que la machine est fortement chargée, peut déterminer le développement de courants induits capables de produire une explosion dans les conducteurs correspondant aux mines qu'on ne veut pas encore faire partir. Si les fils conducteurs sont en communication avec des mines sous-marines ou torpilles, et sont par conséquent sous l'eau, les explosions involontaires sont *rendues plus inévitables encore*, et par conséquent la machine à frottement ne peut être utilisée pour les opératio[ns] marines toutes les fois que les mines sont en comm[unication] avec des conducteurs distincts. C'est là un inconvén[ient que] les machines dynamo-électriques présentent aussi j[usqu'à un] certain point ; cependant, pour des opérateurs habil[es, il n'est] pas absolument impossible d'en tirer parti, même [avec des] conducteurs séparés. Si l'on charge fortement la [machine] dynamo-électrique de Siemens en imprimant à l'[armature] un mouvement de rotation très-rapide, l'action indu[ite de la] charge ne sera pas moindre que celle de la machin[e à frotte]ment ; mais au contraire, en ne donnant aux armatu[res qu'un] mouvement assez lent, on peut obtenir une charge [suffisante] pour faire partir à coup sûr une mine ou un petit [groupe de] mines, sans pour cela développer une force d'induc[tion assez] grande pour que les fils voisins mettent le feu aux [mines qui] en dépendent.

Pendant la guerre de Crimée, les Russes n'av[aient pas] négligé, dans leurs travaux d'attaque et de défens[e, le parti] que l'on pouvait tirer de l'électricité pour faire [partir les] mines sous-marines. Une application pratique de [cette] force, sous sa forme la plus simple, fut faite en 185[.. par le] gouvernement autrichien : tout un système de mi[nes sous-]marines, que des opérateurs placés sur le rivage [pouvaient] faire sauter au moyen de l'électricité, fut prépar[é par les] soins du baron von Ebner pour la défense de Venise, [mais] que l'occasion de s'en servir ne s'est pas présentée. [Ce n'est] que plusieurs années plus tard qu'on s'est occupé [sérieuse]ment de cette question en Angleterre et dans les au[tres pays] de l'Europe, lorsque l'efficacité des torpilles comm[e moyen] d'attaque et de défense eut été démontrée par l[e nombre] considérable des vaisseaux ainsi détruits ou désemp[arés pen]dant la guerre d'Amérique. Vingt-cinq bâtiments d[e la ma]rine fédérale furent anéantis, et neuf autres sérieuse[ment en]dommagés par l'explosion de torpilles ; en même te[mps, les] confédérés perdaient trois vaisseaux qui étaient v[enus par] accident donner contre leurs propres torpilles, et [un autre] encore, coulé cette fois par une torpille fédérale.

Bientôt après le commencement de cette guerre, [le gou]vernement anglais sentit la nécessité d'une enquête [sérieuse] sur l'efficacité des obstacles sous-marins, inertes o[u actifs,] comme moyens accessoires de défense : sur la propo[sition du] colonel Jervois, du corps du génie, un comité sp[écial fut] chargé de faire un rapport sur l'emploi qu'on pourr[ait faire] d'obstacles flottants ou placés au fond de l'eau, et aus[si des mi]nes sous-marines, pour la défense des passes, des po[rts et des] rivières. Ce comité vient de terminer ses travaux ; [grâce à] des recherches systématiques entreprises tout exprès [à Wool]wich pendant ces quatre dernières années par M. A[bel, l'un] des membres du comité, grâce aussi à des expérienc[es prati]ques faites surtout à Chatham par un de ses collègues, [le colo]nel du génie A. Fisher, on a pu étudier à fond la [question] de l'application de l'électricité aux mines sous-marin[es et aux] torpilles. Ceux qui seront chargés d'organiser et d'[employer] ces moyens importants de défense pourront désorm[ais s'ap]puyer sur les données certaines que nous devons aux [travaux] du comité. Les autres gouvernements de l'Europe se [sont éga]lement préoccupés de cette question ; l'Autriche sur[tout doit] au baron von Ebner un système de torpilles électriq[ues très-]ingénieux, qu'on a pu voir en détail à l'E[xposition univer]selle de Paris en 1867, et

. L'occasion de le mettre à l'épreuve ne s'étant
e, nous n'avons à ce sujet que des données expé-

le l'électricité pour produire l'explosion des tor-
ort rare dans la guerre d'Amérique; sur la fin
s fédéraux et les confédérés avaient tout préparé
er sur une grande échelle les courants électri-
moyens d'explosion. Sur le nombre total de bâ-
iits ou endommagés par les torpilles, il paraît que
s seulement l'explosion avait été produite par
toutes les autres explosions avaient été détermi-
moyens mécaniques.

mode d'explosion n'est pas nouveau, puisqu'on
ployé dès 1583 par le duc de Parme, qui faisait
d'Anvers. En 1628, les Anglais se servirent, con-
aux français devant la Rochelle, de torpilles qui
elles-mêmes; et depuis cette époque jusqu'en
temps en temps proposé, et quelquefois même
s une certaine mesure, des inventions plus ou
ieuses et plus ou moins pratiques pour faire par-
les, soit à un moment donné, à l'aide d'un mou-
rlogerie, soit brusquement, dès qu'elles rece-
c d'un vaisseau. Les Russes sont les premiers
servis avec quelque chance de succès de torpilles
et automatiques; il n'est pas douteux que si les
éparées pour défendre la mer Baltique n'avaient
faibles dimensions, puisqu'elles ne contenaient
res (de 3 à 4 kilogr.) de poudre, elles auraient
e de quelques-uns des vaisseaux anglais qui en
t l'explosion par leur choc. Les Américains, dans
guerre, ont fait usage de différentes combinai-
ues pour amener l'explosion des torpilles par le
isseau; quelques-unes ont parfaitement réussi.
, sous le rapport de la simplicité et de l'écono-
ne des torpilles mécaniques présente des avan-
és sur l'emploi de l'électricité sur une grande
hances d'accidents pour ceux qui sont chargés
er sont tellement considérables, que, dans un
ombre de cas, les torpilles mécaniques font au-
ceux qui s'en servent qu'à l'ennemi même.
les fois qu'il s'agit de mettre en place ou de fixer
eau des torpilles qui doivent faire explosion dès
t donné, ou un mouvement quelconque imprimé
gane placé de manière à être facilement heurté
eau qui passe, les hommes chargés de l'opéra-
le plus grand danger, à moins qu'on n'adopte
de rendre inerte l'organe d'explosion jusqu'à
ail. Mais l'emploi même de ce moyen protec-
et plus de compter d'une manière certaine sur
torpille quand il sera supprimé après le travail,
suppression même est souvent une opération
De plus, quand une fois les torpilles mécaniques
n position et rendues actives, elles sont aussi
pour les vaisseaux amis que pour ceux de l'en-
l résulte que leur emploi dans certaines eaux
étement l'accès de ces eaux jusqu'à ce que les
t fait explosion ou qu'elles aient été enlevées. Il
t évident que leur enlèvement est un des ser-
s dangereux auxquels on puisse employer des
t récemment, en A[illegible] que, il y a eu plusieurs
bâtiments détrui[illegible] eaux où l'on avait

placé pendant la guerre des torpilles mécaniques, qu'on croyait, mais à tort, avoir été ensuite enlevées. Cependant on vient de faire, au point de vue de la mécanique et de la chimie, quelques améliorations dans l'arrangement des torpilles automatiques, et désormais il est possible de mettre une torpille en place sans le moindre danger; on la rend ensuite active par un procédé à la fois simple et sans danger, dès que l'on veut fermer les eaux qu'elle défend. Mais l'accès de ces eaux est toujours fermé aux vaisseaux amis; l'enlèvement des torpilles reste toujours une opération fort difficile : ce sont là deux objections des plus graves contre l'emploi des torpilles mécaniques, excepté dans des passes qui ne servent pas ordinairement, mais qui pourraient en temps de guerre être accessibles à des bâtiments d'un faible tirant d'eau.

Voici au contraire les avantages les plus importants que présente l'application de l'électricité pour déterminer l'explosion des mines sous-marines et des torpilles : — Les torpilles sont mises en position sans le moindre danger pour les hommes chargés de ce travail; on peut à volonté et du rivage les rendre actives ou inertes : les eaux qu'elles défendent ne sont par conséquent fermées aux bâtiments amis qu'au moment même où l'ennemi approche On peut placer les torpilles électriques à toute profondeur, et les changements de niveau dus aux marées ne sont plus un obstacle, tandis que les torpilles mécaniques doivent être sur le passage du vaisseau ennemi ou tout auprès. Enfin, on peut, dès qu'on le veut, enlever les torpilles électriques aussi facilement qu'on les a placées.

Quant au mode d'application de l'électricité, il existe deux systèmes bien distincts. Le plus simple consiste à faire dépendre l'explosion de la torpille de la fermeture du circuit électrique par des opérateurs qui occupent un ou plusieurs postes d'observation sur le rivage. La disposition particulière et la manière d'opérer qu'on adoptera dépendront surtout de la nature du point qu'il s'agit de défendre. Dans un fleuve ou un chenal, la manière de placer et de faire partir les torpilles est assez simple; mais elle suffit pour faire comprendre la marche générale à suivre dans tous les cas. Les mines doivent être disposées en travers du fleuve ou du chenal, sur des lignes qui convergent toutes vers une station placée sur le rivage : c'est là que doivent aboutir les fils conducteurs qui relient chaque torpille à l'appareil électrique. L'opérateur de cette station peut donc à volonté faire partir n'importe laquelle des torpilles; il n'a pour cela qu'à fermer le circuit entre le sol et le fil métallique. Sur un autre point du rivage on établira une seconde station d'où la vue puisse couper la direction des rangées de torpilles. Un fil télégraphique relie les deux stations. Dès que l'opérateur de la seconde station voit un vaisseau ennemi approcher d'une des torpilles, il avertit celui qui surveille la ligne, et ce dernier ferme le circuit dès que le vaisseau est arrivé au-dessus de la torpille indiquée. Si l'ennemi change de direction lorsqu'il approche des torpilles, un nouveau signal de la station d'observation amène un changement correspondant dans les dispositions de l'homme chargé de faire feu. Ou bien encore, l'homme de la station d'observation, dès qu'il s'aperçoit qu'un vaisseau approche de la ligne d'une des torpilles, met le câble de cette torpille en communication électrique avec l'opérateur de l'autre station, et ce dernier ferme le circuit dès qu'il voit que le vaisseau est au-dessus de la première ligne de tor-

fasse passer le courant de la machine aux fils conducteurs qui doivent servir à l'utiliser. Les détails des machines varient suivant le plan adopté par chaque constructeur, mais l'explication que nous venons de donner s'applique plus particulièrement aux machines de MM. Siemens et Halske, qui ont été les premiers à produire un petit instrument de cette espèce tout à fait applicable à l'explosion des mines et presque aussi puissant que la machine d'ébonite à frottement.

L'explosion de cinquante charges disposées en circuit simple a été obtenue à plusieurs reprises, sans jamais manquer, avec une de ces machines ; nous avons donc là un instrument qui suffit dans tous les cas pour les mines sur terre ou sous l'eau, et qui est tout à fait à l'abri des irrégularités dues à l'état de l'atmosphère. Le mécanisme en est simple et moins susceptible de se déranger que celui de n'importe quel appareil magnéto-électrique. Comme d'ailleurs son action ne demande pour se développer qu'une force purement mécanique, il serait bien supérieur au meilleur des appareils magnéto-électriques, quand même il ne les surpasserait pas tous en puissance. Pour bien des opérations militaires, et aussi pour les travaux des mines, les machines dynamo-électriques à main, construites par MM. Siemens et Halske, sont donc sans contredit supérieures à tous les autres appareils qui donnent de l'électricité de tension. Néanmoins ce genre d'instruments a encore, du moins jusqu'à un certain point, un des grands défauts des machines électriques à frottement, défaut qui vient des charges considérables d'électricité de forte tension qu'ils font passer par les conducteurs. Dès les premières expériences faites en Autriche avec l'électricité de frottement, on s'est aperçu que si deux ou plusieurs fils isolés, communiquant avec des mines différentes, suivaient la même direction sur un parcours assez restreint, sans même que la proximité fût extrême, l'électricité que la machine faisait passer sur l'un des fils, pour faire partir seulement une série de mines, pouvait développer dans les fils voisins, qui ne se trouvaient pas en ce moment en communication avec la machine, un courant induit assez fort pour produire l'explosion des mines auxquelles aboutissaient ces derniers fils. Quelques résultats obtenus à Chatham, et de nombreuses expériences faites tout récemment à Woolwich, ont non-seulement confirmé ces observations des savants autrichiens, mais encore montré que nous n'avons, dans l'état actuel de la science, aucun moyen de remédier à cet inconvénient grave des charges considérables d'électricité de forte tension. Ainsi, toutes les fois qu'il faudra mener plusieurs fils conducteurs du centre commun, c'est-à-dire de l'appareil électrique, à plusieurs mines différentes ou à plusieurs groupes de mines, qu'on voudra faire partir séparément, il sera impossible de se servir de la machine électrique à frottement sans de grands risques d'insuccès, quand même les fils, disposés à la surface du sol ou passant sous terre, seraient placés aussi loin l'un de l'autre que possible. En effet, aboutissant tous au même appareil, ils doivent forcément, sur une certaine longueur, se trouver dans le voisinage l'un de l'autre, et ce fait seul, dès que la machine est fortement chargée, peut déterminer le développement de courants induits capables de produire une explosion dans les conducteurs correspondant aux mines qu'on ne veut pas encore faire partir. Si les fils conducteurs sont en communication avec des mines sous-marines ou torpilles, et sont par conséquent sous l'eau, les explosions involontaires sont rendues plus inévitables encore, et par conséquent la machine à frottement ne peut être utilisée pour les opérations sous-marines toutes les fois que les mines sont en communication avec des conducteurs distincts. C'est là un inconvénient que les machines dynamo-électriques présentent aussi jusqu'à un certain point ; cependant, pour des opérateurs habiles, il n'est pas absolument impossible d'en tirer parti, même avec des conducteurs séparés. Si l'on charge fortement la machine dynamo-électrique de Siemens en imprimant à l'armature un mouvement de rotation très-rapide, l'action inductive de la charge ne sera pas moindre que celle de la machine à frottement ; mais au contraire, en ne donnant aux armatures qu'un mouvement assez lent, on peut obtenir une charge suffisante pour faire partir à coup sûr une mine ou un petit groupe de mines, sans pour cela développer une force d'induction assez grande pour que les fils voisins mettent le feu aux mines qui en dépendent.

Pendant la guerre de Crimée, les Russes n'avaient pas négligé, dans leurs travaux d'attaque et de défense, le parti que l'on pouvait tirer de l'électricité pour faire sauter les mines sous-marines. Une application pratique de la même force, sous sa forme la plus simple, fut faite en 1859 par le gouvernement autrichien : tout un système de mines sous-marines, que des opérateurs placés sur le rivage devaient faire sauter au moyen de l'électricité, fut préparé par les soins du baron von Ebner pour la défense de Venise. On sait que l'occasion de s'en servir ne s'est pas présentée. Ce n'est que plusieurs années plus tard qu'on s'est occupé sérieusement de cette question en Angleterre et dans les autres pays de l'Europe, lorsque l'efficacité des torpilles comme moyens d'attaque et de défense eut été démontrée par le nombre considérable des vaisseaux ainsi détruits ou désemparés pendant la guerre d'Amérique. Vingt-cinq bâtiments de la marine fédérale furent anéantis, et neuf autres sérieusement endommagés par l'explosion de torpilles ; en même temps les confédérés perdaient trois vaisseaux qui étaient venus par accident donner contre leurs propres torpilles, et un autre encore, coulé cette fois par une torpille fédérale.

Bientôt après le commencement de cette guerre, le gouvernement anglais sentit la nécessité d'une enquête pratique sur l'efficacité des obstacles sous-marins, inertes ou actifs, comme moyens accessoires de défense : sur la proposition du colonel Jervois, du corps du génie, un comité spécial fut chargé de faire un rapport sur l'emploi qu'on pourrait faire d'obstacles flottants ou placés au fond de l'eau, et aussi de mines sous-marines, pour la défense des passes, des ports et des rivières. Ce comité vient de terminer ses travaux ; grâce à des recherches systématiques entreprises tout exprès à Woolwich pendant ces quatre dernières années par M. Abel, un des membres du comité, grâce aussi à des expériences pratiques faites surtout à Chatham par un de ses collègues, le colonel du génie A. Fisher, on a pu étudier à fond la question de l'application de l'électricité aux mines sous-marines et aux torpilles. Ceux qui seront chargés d'organiser et d'employer ces moyens importants de défense pourront désormais s'appuyer sur les données certaines que nous devons aux travaux du comité. Les autres gouvernements de l'Europe se sont également préoccupés de cette question ; l'Autriche surtout doit au baron von Ebner un système de torpilles électriques fort ingénieux, qu'on a pu voir en détail à l'Exposition universelle de Paris en 1867, et qui a été appliqué pendant la der-

'e guerre. L'occasion de le mettre à l'épreuve ne s'étant présentée, nous n'avons à ce sujet que des données expé-entales.

'emploi de l'électricité pour produire l'explosion des tor-es a été fort rare dans la guerre d'Amérique; sur la fin endant les fédéraux et les confédérés avaient tout préparé r employer sur une grande échelle les courants électri-s comme moyens d'explosion. Sur le nombre total de bâ-ents détruits ou endommagés par les torpilles, il paraît que s deux cas seulement l'explosion avait été produite par ectricité; toutes les autres explosions avaient été détermi-s par des moyens mécaniques.

e dernier mode d'explosion n'est pas nouveau, puisqu'on rouve employé dès 1583 par le duc de Parme, qui faisait s le siége d'Anvers. En 1628, les Anglais se servirent, con-les vaisseaux français devant la Rochelle, de torpilles qui aient d'elles-mêmes; et depuis cette époque jusqu'en i, on a de temps en temps proposé, et quelquefois même liqué dans une certaine mesure, des inventions plus ou ns ingénieuses et plus ou moins pratiques pour faire par-les torpilles, soit à un moment donné, à l'aide d'un mou-ent d'horlogerie, soit brusquement, dès qu'elles rece-nt le choc d'un vaisseau. Les Russes sont les premiers se soient servis avec quelque chance de succès de torpilles aniques et automatiques; il n'est pas douteux que si les hines préparées pour défendre la mer Baltique n'avaient été de si faibles dimensions, puisqu'elles ne contenaient 8 à 9 livres (de 3 à 4 kilogr.) de poudre, elles auraient sé la perte de quelques-uns des vaisseaux anglais qui en erminèrent l'explosion par leur choc. Les Américains, dans dernière guerre, ont fait usage de différentes combinai-mécaniques pour amener l'explosion des torpilles par le d'un vaisseau; quelques-unes ont parfaitement réussi. quoique, sous le rapport de la simplicité et de l'écono-, le système des torpilles mécaniques présente des avan-s marqués sur l'emploi de l'électricité sur une grande elle, les chances d'accidents pour ceux qui sont chargés es disposer sont tellement considérables, que, dans un grand nombre de cas, les torpilles mécaniques font au-de mal à ceux qui s'en servent qu'à l'ennemi même. i, toutes les fois qu'il s'agit de mettre en place ou de fixer ond de l'eau des torpilles qui doivent faire explosion dès n choc est donné, ou un mouvement quelconque imprimé elque organe placé de manière à être facilement heurté tout vaisseau qui passe, les hommes chargés de l'opéra-courent le plus grand danger, à moins qu'on n'adopte moyen de rendre inerte l'organe d'explosion jusqu'à n du travail. Mais l'emploi même de ce moyen protec-ne permet plus de compter d'une manière certaine sur ion de la torpille quand il sera supprimé après le travail, que cette suppression même est souvent une opération gereuse. De plus, quand une fois les torpilles mécaniques mises en position et rendues actives, elles sont aussi gereuses pour les vaisseaux amis que pour ceux de l'en-i; d'où il résulte que leur emploi dans certaines eaux ne complétement l'accès de ces eaux jusqu'à ce que les illes aient fait explosion ou qu'elles aient été enlevées. Il également évident que leur enlèvement est un des ser-s les plus dangereux auxquels on puisse employer des mes. Tout récemment, en Amérique, il y a eu plusieurs mples de bâtiments détruits dans des eaux où l'on avait placé pendant la guerre des torpilles mécaniques, qu'on croyait, mais à tort, avoir été ensuite enlevées. Cependant on vient de faire, au point de vue de la mécanique et de la chimie, quelques améliorations dans l'arrangement des torpilles automatiques, et désormais il est possible de mettre une torpille en place sans le moindre danger; on la rend ensuite active par un procédé à la fois simple et sans danger, dès que l'on veut fermer les eaux qu'elle défend. Mais l'accès de ces eaux est toujours fermé aux vaisseaux amis; l'enlèvement des torpilles reste toujours une opération fort difficile: ce sont là deux objections des plus graves contre l'emploi des torpilles mécaniques, excepté dans des passes qui ne servent pas ordinairement, mais qui pourraient en temps de guerre être accessibles à des bâtiments d'un faible tirant d'eau.

Voici au contraire les avantages les plus importants que présente l'application de l'électricité pour déterminer l'explosion des mines sous-marines et des torpilles: — Les torpilles sont mises en position sans le moindre danger pour les hommes chargés de ce travail; on peut à volonté et du rivage les rendre actives ou inertes: les eaux qu'elles défendent ne sont par conséquent fermées aux bâtiments amis qu'au moment même où l'ennemi approche On peut placer les torpilles électriques à toute profondeur, et les changements de niveau dus aux marées ne sont plus un obstacle, tandis que les torpilles mécaniques doivent être sur le passage du vaisseau ennemi ou tout auprès. Enfin, on peut, dès qu'on le veut, enlever les torpilles électriques aussi facilement qu'on les a placées.

Quant au mode d'application de l'électricité, il existe deux systèmes bien distincts. Le plus simple consiste à faire dépendre l'explosion de la torpille de la fermeture du circuit électrique par des opérateurs qui occupent un ou plusieurs postes d'observation sur le rivage. La disposition particulière et la manière d'opérer qu'on adoptera dépendront surtout de la nature du point qu'il s'agit de défendre. Dans un fleuve ou un chenal, la manière de placer et de faire partir les torpilles est assez simple; mais elle suffit pour faire comprendre la marche générale à suivre dans tous les cas. Les mines doivent être disposées en travers du fleuve ou du chenal, sur des lignes qui convergent toutes vers une station placée sur le rivage: c'est là que doivent aboutir les fils conducteurs qui relient chaque torpille à l'appareil électrique. L'opérateur de cette station peut donc à volonté faire partir n'importe laquelle des torpilles; il n'a pour cela qu'à fermer le circuit entre le sol et le fil métallique. Sur un autre point du rivage on établira une seconde station d'où la vue puisse couper la direction des rangées de torpilles. Un fil télégraphique relie les deux stations. Dès que l'opérateur de la seconde station voit un vaisseau ennemi approcher d'une des torpilles, il avertit celui qui surveille la ligne, et ce dernier ferme le circuit dès que le vaisseau est arrivé au-dessus de la torpille indiquée. Si l'ennemi change de direction lorsqu'il approche des torpilles, un nouveau signal de la station d'observation amène un changement correspondant dans les dispositions de l'homme chargé de faire feu. Ou bien encore, l'homme de la station d'observation, dès qu'il s'aperçoit qu'un vaisseau approche de la ligne d'une des torpilles, met le câble de cette torpille en communication électrique avec l'opérateur de l'autre station, et ce dernier ferme le circuit dès qu'il voit que le vaisseau est au-dessus de la première ligo

pilles. Des modifications plus ou moins compliquées de ces manières d'observer l'ennemi et de faire partir les torpilles ont été proposées; leur efficacité dépend toujours de l'expérience, de l'entente et de la vigilance continuelle des deux opérateurs. De plus, la nuit ou le brouillard rend toute observation impossible. Ainsi, au point de vue d'une action constante, ces torpilles ne peuvent se comparer aux torpilles électriques automatiques qui partent par le choc d'un vaisseau, fermant lui-même le circuit électrique au dedans de la torpille, ou encore lorsque le vaisseau heurte un appareil destiné à fermer le circuit, et disposé près de la surface de l'eau. Dans ce dernier cas, la torpille, fixée à une certaine profondeur, part sur-le-champ, ou bien un signal transmis à une station placée sur le rivage indique à l'opérateur la torpille à laquelle il doit mettre le feu. Dans l'arrangement des appareils destinés à fermer le circuit, qui sont ainsi placés à portée des vaisseaux qui passent, il faut pouvoir opposer à ces vaisseaux une disposition qui ne soit point affectée par le mouvement de l'eau, mais qui ferme le circuit électrique de la torpille dès qu'un bâtiment vient la frapper d'une certaine façon ou lui faire prendre une certaine position. Bien des combinaisons ingénieuses ont été proposées, bien des expériences ont été faites, mais ce n'est que dans deux ou trois cas qu'on est arrivé à des résultats satisfaisants, tant les conditions indispensables pour le succès sont nombreuses, et tant il est difficile de les remplir toutes à la fois. Un mécanisme simple, une sensibilité suffisante sans être excessive, en même temps que la faculté de résister à une immersion prolongée, voilà quelques-unes des conditions les plus importantes de la construction de ces appareils indispensables dès qu'on veut employer les torpilles électriques à la défense des côtes.

Nous avons montré que, pour les opérations sous-marines, il ne faut pas compter sur les machines magnéto-électriques, à cause de la difficulté d'obtenir l'isolement parfait des fils conducteurs et des autres parties de l'appareil, isolement indispensable dès qu'on emploie ces instruments. D'un autre côté, les machines à frottement et les machines dynamo-électriques laissent peu à désirer quand il s'agit de faire partir même un grand nombre de mines sous-marines à la fois; l'isolement imparfait des fils conducteurs n'est pas un obstacle. Ces instruments sont donc les meilleurs dès qu'on veut exécuter des opérations sous-marines un peu considérables. Mais la machine à frottement ne peut servir à la défense des côtes au moyen des torpilles, puisque l'efficacité de ce système dépend de l'explosion, à un moment donné, d'une seule des torpilles, celle au-dessus de laquelle passe le vaisseau qu'il s'agit de détruire, les autres torpilles devant rester intactes; or, nous avons montré que la machine à frottement produit presque à coup sûr l'explosion accidentelle des torpilles qu'on ne voulait pas faire jouer. Les machines dynamo-électriques ont le même inconvénient, du moins jusqu'à un certain point. Ces deux instruments ne sont donc susceptibles, dans les opérations sous-marines, que de certaines applications spéciales. Il existe d'ailleurs une autre objection générale à l'emploi de toute source d'électricité dont l'action est subordonnée à une opération qu'il faut faire à l'instant où l'on veut obtenir une décharge : dans ce cas, l'efficacité d'une torpille dépend toujours de la vigilance et de la présence d'esprit d'un opérateur placé sur le rivage.

Les seules sources d'électricité qui remplissent toutes les conditions essentielles, et sur lesquelles on puisse toujours compter pour les torpilles automatiques, sont les piles à co rant constant. La substitution de l'amorce d'Abel au fil platine usité autrefois permet d'employer des piles q ne pouvaient servir jadis à l'explosion des mines, par que, même avec un grand nombre d'éléments, l'électric produite ne suffit pas pour faire rougir un fil de plati Ainsi, en prenant une pile de Daniell ou une pile à sable, nombre d'éléments tout à fait insuffisant pour porter au rou un fil de platine, brûle parfaitement la substance infla mable qui garnit les extrémités du conducteur d'Abel. De pl la résistance que ce conducteur oppose au courant est grande quand on la compare à celle des câbles métalliq les plus longs dont on puisse se servir dans la pratique, q le courant d'une pile dont la tension peut surmonter la ré tance du conducteur a sur ce dernier, après avoir trave un câble assez long, la même action qu'il avait de près. Qu prenne un nombre d'éléments de Bunsen qui puisse, à pe distance, porter au rouge un fil de platine d'environ 1 dé mètre de long, et qui puisse aussi brûler l'amorce du cond teur d'Abel; qu'on fasse entrer dans le circuit de 40 450 mètres de fil conducteur ordinaire, et la pile, qui pourra plus communiquer à un fil de platine même très-co qu'une chaleur insignifiante, enflammera comme auparav l'amorce d'Abel. Cet exemple montre suffisamment que, t dis que les conducteurs métalliques ordinaires exigent, lo qu'ils sont très-longs, une pile très-puissante pour produ l'explosion d'une mine, il n'en est plus de même avec le n veau conducteur. Une des grandes objections à l'emploi piles pour produire l'explosion des mines se trouve donc éca tée. De plus, les piles à sable ou les piles de Daniell dont se sert pour les télégraphes, et qui, une fois montées, conse vent pendant plusieurs mois une action presque constant tout en exigeant fort peu de soins, ces piles peuvent maint nant remplacer celles de Grove ou de Bunsen, dont l'acti ne reste constante que pendant quelques heures, et qu'il f lait employer autrefois pour avoir un courant suffisant. Woolwich, on a pu, à plusieurs reprises, faire brûler l'amor d'Abel avec une pile à sable montée depuis quatre ou ci mois, et à laquelle on avait seulement ajouté de temps temps un peu d'eau pour compenser les pertes dues à l'é poration.

De tout ce qui précède il résulte que les piles constan sont, de toutes les sources d'électricité connues jusqu'ici, cel qui réunissent au plus haut degré les qualités nécessai pour produire les explosions sous-marines. Elles sont simp et économiques; il faut peu d'habileté et de travail pour construire et les réparer, et moins d'attention encore p les entretenir pendant longtemps. Leur action ne dema aucun travail sur le rivage au dernier moment. Pourvu qu fasse communiquer la pile avec les conducteurs qui ab tissent aux torpilles, quand on veut fermer le passage à l' nemi, dès que l'appareil destiné à fermer le circuit reçoit choc d'un vaisseau, l'explosion a lieu sur-le-champ. Ainsi torpilles sont aussi efficaces la nuit que le jour. D'ailleur défaut d'isolement des conducteurs ne nuit pas plus à l' cacité des piles à courant constant qu'à celle des machi électriques à frottement, et l'on peut se servir des piles s avoir à craindre les explosions involontaires dues aux c rants induits.

Il est toujours facile d'improviser des piles simples et pu santes. Il n'y a peut-être pas d'appareil d'explosion plus p

us simple ou plus économique que la pile à colonne re, dont la construction n'exige qu'un morceau de bois e feuille de zinc et une feuille de cuivre, une vieille ure et un peu de vinaigre et de sel de cuisine. Une 120 éléments, d'environ 7 centimètres de diamètre, portative, et suffit pour faire partir une mine avec un leur simple, et trois ou quatre avec un conducteur . Son action se soutient pendant vingt-quatre heures s; elle se nettoie ets e remonte facilement. Les marins rent à toute autre comme instrument d'explosion, u'elle est facile à faire et à monter, et fort commode s embarcations toutes les fois qu'il s'agit de faire partir illes dans quelque attaque, tandis que des appareils licats se dérangent plus vite. Sur quelques vaisseaux re, on se sert maintenant de piles de la même espèce, 'un plus grand modèle, pour faire partir à la fois rs pièces d'artillerie; une très-petite pile, sans autre que de l'eau, est l'instrument le plus commode pour les conducteurs des torpilles une fois qu'elles sont en l est fort important de s'assurer de temps en temps, en de l'électricité, de l'état d'une torpille et de son leur, et il est facile maintenant de soumettre à la preuve les amorces elles-mêmes. On peut en effet r d'une station à l'autre des signaux à travers le con- et l'amorce d'une torpille submergée, disposée de que du rivage on puisse y mettre le feu à volonté. mites de ce travail ne nous permettent pas de discu- bien des points importants qui se rattachent à l'emploi illes électriques; nous ne pouvons non plus nous oc- n ce moment des moyens de donner à ces formidables ents de défense toute l'efficacité dont ils sont suscep- oit avec, soit sans le secours de l'artillerie. Notre but eint si nous avons réussi à prouver que l'électricité inée à nous fournir des moyens de défense les plus x.

F. A. Abel,
Directeur des établissements chimiques du ministère de la guerre d'Angleterre.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

SESSION TENUE A METZ (1).

M. SCOUTETTEN

Formation et marche des orages

is disposé à croire que la théorie qui vient d'être par M. Le Verrier (2), quelque ingénieuse qu'elle st pas l'interprétation exacte et complète des faits; en effet, pour expliquer un phénomène et tout ce qui ache, bien déterminer sa nature, ainsi que toutes les conditions qui en favorisent la manifestation. C'est précisément ce qu'on ignore, puisque, jusqu'à ce jour, les météorologistes et les physiciens ont négligé de traiter ce côté de la question.

Je ne m'arrêterai point à déterminer la nature de l'électricité, cause première des orages et du tonnerre, comme l'ont démontré Franklin et le magistrat de Romas (1), assesseur au présidial de Nérac; je dirai seulement que cet agent puissant affecte deux modes de manifestation : 1° l'*état de tension*, qui se révèle par des *attractions* et des *répulsions* exercées sur des corps légers ; 2° l'*état de courant électrique*, qui se reconnaît facilement par la déviation qu'il fait subir à une aiguille aimantée.

L'électricité de tension devient courant électrique toutes les fois qu'il se produit une décharge entre des corps électrisés: cette décharge peut se faire *silencieusement* à travers un conducteur; d'autres fois, au contraire, elle est *explosive*, lorsque, par exemple, elle éclate violemment dans l'air en s'accompagnant d'une production de chaleur et de lumière (2).

Telle est, dans ce dernier cas, la formation du tonnerre, quand viennent s'ajouter les vibrations de l'air atmosphérique.

Maintenant, que le courant *électrique* paraisse être un transport de la *matière éthérée*, comme le supposent quelques auteurs (3), ou qu'elle soit une substance spéciale de nature encore inconnue, nous l'ignorons, et nous n'aborderons pas cette question, parfaitement inutile d'ailleurs à l'élucidation du sujet que nous traitons.

Quelles sont les sources de l'électricité atmosphérique? Parmi les observateurs habiles qui se sont occupés de cette étude, il faut citer en première ligne de Saussure et Volta; mais leurs travaux, restés fort incomplets, furent heureusement repris en 1825 par Pouillet (4).

Ce savant expérimentateur signala deux grandes sources d'électricité atmosphérique : 1° la végétation; 2° l'évaporation. Il constata que, dans l'acte de la végétation, l'électricité se manifeste rapidement, et que, sur une surface de 100 mètres carrés en pleine végétation, il se dégage *en un jour* plus d'électricité positive qu'il n'en faudrait pour charger la plus forte batterie.

Mais hâtons-nous de dire que l'évaporation n'a pas la puissance que Pouillet lui accordait. M. Edm. Becquerel a démontré que l'électricité ne se manifeste qu'à la condition de favoriser une action chimique. Ainsi, lorsque vous exposez au contact de l'air de l'eau distillée, il ne se produit pas d'électricité si, par le fait de la chaleur, le liquide passe à l'état gazeux; mais l'électricité devient manifeste si les molécules liquides, en se vaporisant, doivent se séparer de quelque élément hétérogène, auquel elles sont chimiquement agrégées : l'élément hétérogène prend alors l'électricité négative ou positive, et la vapeur s'élève avec le fluide contraire ; c'est ce qui arrive quand l'eau contient des sels de diverses natures.

---

(1) mai 1869. — Voyez notre numéro du 26 juin dernier, 5, une lecture de M. C. Wolff, sur l'*éclipse totale du 18 août la constitution physique du soleil* faite à la même session.
u début de la séance, le président, M. Le Verrier, rappelle les es qu'il a faites personnellement, et celles qui lui ont été com- es par ses collaborateurs, pour parvenir à former des cartes in- la marche des orages.
cet exposé, M. le président invite ses auditeurs à faire leurs ions, s'ils croient devoir en présenter.
cette invitation, plusieurs fois répétée, M. Scoutetten se crut à demander la parole.

(1) De Romas, *Mémoires des savants étrangers*, tomes II et IV.
(2) Le P. Secchi, *L'unité des forces physiques*, traduit en français par le docteur Deleschamps. 1 vol., Paris, 1869, page 300.
(3) Émile Saigey, *la Physique moderne*. 1 volume, Paris, 1867, page 119.
(4) Pouillet, *Recherches sur l'origine de l'électricité atmosphérique* (*Annales de physique et de chimie*, 1827).

La surface des mers, l'eau de nos rivières et même le simple contact des solides et des fluides en mouvement, fournissent abondamment de l'électricité à l'atmosphère (1).

Becquerel père ajoute : « Il existe donc dans la nature des sources d'électricité à peu près constantes ; ces sources, dont on ne connaît pas encore toute la puissance, serviront peut-être à jeter quelque lumière sur plusieurs points encore obscurs de la formation des nuages orageux (2).

Parmi ces sources, il faut tenir grand compte de la végétation. M. Boussingault a calculé qu'un champ de choux d'un hectare, dont les plants seraient espacés à 50 centimètres, peut, en douze heures, émettre 20000 kilogrammes de vapeurs répondant à 20 mètres cubes d'eau. Ajoutons encore que les feuilles, multipliant les surfaces, augmentent dans des proportions considérables la production de l'oxygène électrisé.

M. Boussingault, poursuivant ses expériences, a mesuré avec soin la surface des feuilles et des tiges de topinambour, du froment, de la pomme de terre, des betteraves, etc., et, en ramenant ses calculs à un hectare, il est arrivé à des résultats étonnants ; je me bornerai à en citer un seul (3).

Topinambour :	Surface des feuilles en septembre.	136 009	142 410
	Surface des tiges..............	6 410	

La science en était à ce degré d'avancement, lorsque Schœnbein découvrit l'ozone, en 1840, ainsi que le constate la lettre qu'il écrivit alors à Arago (4).

Cette découverte fut assez mal accueillie ; elle rencontra, au début, de nombreux adversaires, et ce n'est que tout récemment que M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, proclama, dans la séance du 21 septembre 1868, l'exactitude et l'importance du fait.

Jusqu'alors les physiciens et les chimistes avaient constaté, il est vrai, la présence de l'électricité dans l'air atmosphérique ; ils savaient même que ce corps peut être à l'état positif ou à l'état négatif, mais ils ignoraient si l'électricité se fixe sur l'air tout entier ou seulement sur l'un de ses éléments. Schœnbein démontra, par d'innombrables expériences, que ce n'est que l'oxygène de l'air qui est électrisé, et il donna à ce gaz ainsi modifié le nom d'*ozone*. Plus tard Schœnbein constata, par des expériences habiles et irréfutables, que ce gaz existe dans l'atmosphère sous trois états différents : 1° l'*état neutre*, c'est celui qui se trouve en immense quantité ; 2° l'*état d'ozone*, c'est-à-dire modifié par l'électricité positive ; 3° l'*antozone*, c'est celui qui est modifié par l'électricité négative.

Ces deux espèces d'ozone se comportent entre elles comme les deux espèces d'électricité ; elles se neutralisent l'une l'autre lorsqu'on les met en contact, et l'oxygène revient à l'état neutre.

C'est encore à cette cause qu'il faut rapporter l'origine des grosses gouttes de pluie qui tombent fréquemment et immédiatement après un coup de tonnerre ; l'eau de chaque nuage étant électrisée en sens contraire, les gouttes s'attirent, s'unissent, et tombent en ayant doublé leur volume.

Ce qu'il y a encore de remarquable, c'est la persistance de la combinaison de différents corps avec l'oxygène électrisé ; aussi Schœnbein les a-t-il divisés en deux groupes, les ozonides et les antozonides ; parmi ces derniers, le bioxyde d'hydrogène peut être donné comme l'un des exemples les plus remarquables.

D'après les observations de Schœnbein, la quantité d'ozone contenue habituellement dans l'atmosphère est extrêmement faible, elle n'atteint pas un demi-millionième : ce qui le démontre, c'est que l'air atmosphérique, lorsqu'il contient un demi-millionième d'ozone est odorant, et que les bandes de papier ioduré et amidonné bleuissent en quelques minutes, tandis que, dans l'état normal, l'air atmosphérique n'a pas d'odeur et qu'il faut plusieurs heures pour que le papier préparé se colore (1).

Ces éléments suffisent pour nous faire comprendre l'origine des orages, leur fréquence, leur rareté et même leur absence dans certains lieux de la terre.

Nous avons vu que la vaporisation de l'eau contenant en dissolution différents sels fournit une quantité importante d'électricité positive qui est transportée dans l'atmosphère par l'oxygène et par la vapeur d'eau. Mais quelque considérable que puisse être cette quantité d'électricité, elle ne suffit pas pour provoquer un orage ; car, pour que ce dernier phénomène se produise, il faut que cette électricité positive puisse se combiner avec de l'électricité négative : or celle-ci existe aussi dans l'atmosphère et elle est fournie par la terre.

« Les relations de l'électricité atmosphérique avec les phénomènes telluriques sont évidents, dit M. Liais (2). En général, les éruptions volcaniques sont accompagnées d'orages terribles, et il n'est pas douteux que les volcans répandent dans l'atmosphère une quantité immense d'électricité ; des phénomènes souterrains remarquables ont lieu quand le tonnerre se prépare. Beaucoup de sources thermales montrent alors des bouillonnements extraordinaires. On a vu parfois des sources taries donner de l'eau dans la même circonstance, et l'on n'a cessé de signaler l'état orageux du ciel à l'approche des tremblements de terre. Dans les pays où les mouvements du sol se produisent fréquemment, il n'est pas rare que des bruits souterrains précèdent l'explosion de la foudre.

» Ainsi, tandis que les actions lentes qui s'opèrent sur d'immenses surfaces dans l'écorce terrestre paraissent constituer la source principale de l'électricité constante de l'atmosphère, les actions violentes semblent être une des circonstances qui déterminent les orages puissants. Toutefois elles n'en sont pas la seule cause. Une condensation abondante de vapeurs déterminée en un point de la surface de la terre, soit par la rencontre de deux vents, l'un froid, l'autre chaud et humide, soit surtout l'existence de courants d'air ascendants, résultat d'une chaleur anormale au lieu considéré, occasionne une diminution de la pression atmosphérique, et comme conséquence un appel d'air au point de condensation. Une quan-

(1) Edm. Becquerel, *Recherches sur les effets électriques produits au contact des solides et des liquides en mouvement* (*Annales de physique et de chimie*, 3e série, août 1855).

(2) Becquerel père, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 5 novembre 1855 : *Mémoire sur les effets électriques produits au contact des terres et des eaux douces*.

(3) Boussingault, *Économie rurale*, etc., tome I, page 63.

(4) M. Scoutetten, *l'Ozone, ou Recherches chimiques sur l'oxygène électrisé, etc.* 1 vol., Paris, 1856.

(1) Communication faite par Schœnbein à l'*Association scientifique* de France en mai 1867. Le mémoire a pour titre : *Sur la présence de l'ozone dans l'air atmosphérique*, publié dans la *Presse scientifique et industrielle des deux mondes*, 1867.

(2) Emm. Liais, astronome de l'observatoire de Paris : Préface de M. Babinet, *L'espace céleste et la nature tropicale. Description physique de l'univers, d'après des observations personnelles faites dans les deux hémisphères*. 1 vol. grand in-8, 1868, page 376.

ımense de ce gaz, refroidie par la dilatation résultant du ement ascensionnel, abandonne la vapeur qu'elle con- en traversant le cumulus formé sous l'action du courant lant.

e nuage atteint ainsi une épaisseur énorme, parce qu'il ntre la masse d'eau évaporée sur une surface considé- et il retient en outre toute l'électricité recueillie par ır cette même surface. Par cette accumulation électri- réunissent les éléments d'un orage intense qui ne pas à éclater. » (Page 377.)

ıme l'atmosphère terrestre est toujours électrisée, on ait croire que le tonnerre peut se faire entendre dans les parties du globe; il n'en est point ainsi cependant. s les régions hyperboréennes et pendant l'hiver de nos ts, les orages sont excessivement rares. Dans la tenta ite en 1827, par le capitaine Parry, pour atteindre le ord, du 25 juin au 10 août, entre 81° 15′ et 82° 44′ ., il n'aperçut jamais d'éclairs, il n'entendit pas une fois le tonnerre. Voici une observation encore plus com- Un vaisseau échoua à l'est du Spitzberg, vers 75° lat. : atre naufragés, trois demeurèrent six ans trois mois sur terre inhospitalière, et ils croient avoir entendu ton- ne seule fois dans ce long intervalle.

est-il de même en pleine mer? « J'ai cru devoir exa- , dit Arago, si, comme on l'a prétendu sans en adminis- preuve, il tonne moins souvent en pleine mer qu'au des continents. Jusqu'ici mes recherches confirment cette n. En marquant sur une mappemonde, d'après leurs des et leurs longitudes, tous les points dans lesquels les ateurs ont été assaillis par des orages accompagnés de rre, il paraît évident, à la simple inspection de la carte, nombre de ces points diminue avec l'éloignement des ents. J'ai même déjà quelque raison de croire qu'au delà certaine distance de toute terre, il ne tonne jamais. »

go s'exprimait ainsi dans son remarquable mémoire dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* de 1838 : de- rs cette opinion a été légèrement modifiée par la lettre miral Duperrey à Arago, insérée dans ses *Œuvres com-* publiées sous la direction de Barral (1854, tome IV) : « Si ine l'ensemble des matériaux que nous possédons sur la re, dit l'amiral, je suis porté à admettre avec vous que ıges sont moins fréquents en mer que sur terre; en con- nce, il pourrait y avoir, à toute distance des îles et des ents, des lieux où il ne tonnerait jamais. » Plus loin, il (p. 181) : « J'ai la presque certitude qu'il ne tonne que arement sur la route qui conduit en ligne droite du cap nne-Espérance aux îles de Sainte-Hélène et de l'Ascen- ci la mer aurait cela de commun avec l'île de Sainte- , où l'on peut affirmer que la cendre de Napoléon ne amais troublée par la foudre. Mais il n'en est pas de de toutes les autres parties de l'océan Atlantique, du Océan et de la mer des Indes, comprises dans les régions rées (1). »

travaux les plus récents n'ont fait que confirmer ce qui été dit par Arago et l'amiral Duperrey ; l'ouvrage du seur Liais et celui de Reclus (2) en fournissent des es surabondantes. Le premier dit : « On se tromperait beaucoup, toutefois, si l'on croyait que, dans toute la zone intertropicale, les ouragans sont plus forts que dans les con- trées tempérées. Il existe au contraire, entre les tropiques, des lieux où les ouragans sont excessivement rares. Je citerai notamment à ce sujet les provinces du nord du Brésil et toute la partie de l'océan Atlantique comprise entre les ar- chipels des Canaries et du cap Vert et la longitude de Per- nambuco, et je ferai remarquer que les grands ouragans sont surtout fréquents dans les pays renfermant des volcans. Ainsi la zone sans tempêtes que je viens de citer n'est nullement volcanique. Au contraire, les plus violents ouragans existent dans la région des Antilles et du golfe du Mexique, et dans les mers de l'Inde et du Japon, où les volcans sont condensés ; tandis que, comme nous venons de le dire, la partie centrale de l'océan Atlantique est dépourvue de tempêtes dans les basses latitudes, on retrouve les ouragans dès qu'on approche des groupes volcaniques du cap Vert et des Açores.

Voici, actuellement, ce que nous dit Élisée Reclus (*la Terre*, t. II, p. 427) : « En général, les orages sont d'autant plus nombreux dans un pays que les pluies y sont plus abondantes. Aussi la zone des calmes équatoriaux et celle des moussons, où l'humidité se précipite en quantités si considérables, sont- elles les régions de la terre où la foudre gronde le plus fré- quemment. Au Bengale, le nombre annuel des orages est de cinquante à soixante ; dans les Antilles on en compte environ quarante par an ; sous les climats tempérés, ils ne sont que d'une vingtaine, ayant presque toujours lieu pendant la saison chaude ; dans l'Europe orientale, il est même sans exemple, pour ainsi dire, qu'ils éclatent en hiver, mais sur les côtes occidentales du continent, soumises à l'influence tropicale du Gulf-stream, les conflits orageux de l'air ont également lieu pendant la saison froide. Chose curieuse, c'est même en hiver que, dans la Grande-Bretagne, tombe chaque année la plus forte quantité de grêle. Dans la direction des pôles, le nombre des orages diminue graduellement. Au nord de l'Europe, le tonnerre est un phénomène très-rare, et l'on dit même qu'en Islande et sur les côtes du Spitzberg, c'est-à-dire précisément dans les contrées où brillent les aurores magnétiques, jamais éclair n'a été vu dans le ciel. Quant aux pays de la zone tro- picale qui ne reçoivent pas de pluie, comme le littoral du Pérou et de la Bolivie, il n'y tonne pas non plus. »

Des phénomènes du même genre, mais de nature tout à fait opposée, peuvent se présenter dans des lieux où l'électricité positive est nulle, ou si faible, qu'elle est sans action : c'est ce que l'on constate dans le désert du Sahara, où la végétation est rare, le terrain sablonneux et où il n'existe pas de cours d'eau.

Lorsque le redoutable *simoun* vient à souffler, l'ouragan est effroyable : il soulève des montagnes de sable, il engloutit des caravanes qui se trouvent sur son passage, mais le tonnerre ne se fait pas entendre ; il ne reparaît que sur le littoral de la mer et dans le voisinage du Nil, où l'électricité positive peut être fournie par l'ozone. On sait qu'au Caire il ne tonne que trois ou quatre fois par an, et un peu plus souvent à Alexandrie.

Ces faits nombreux, et affirmés par les savants les plus compétents, semblent en désaccord avec les assertions de M. Le Verrier ; nous avons vu, en effet, que ce savant nome paraît admettre que les orages partent de la m gagnent le continent en se dirigeant vers le nord de jusque dans des régions inconnues.

(1) *Œuvres de François Arago*, tome IV, page 182.
(2) Élisée Reclus, *la Terre*, 2 volumes grand in-8. Paris, 1869, 29.

Nous prétendons encore que des orages locaux peuvent se former sur place. Voici quelques exemples : A la Jamaïque, dit Arago (t. IV, p. 168), depuis les premiers jours de novembre jusqu'au milieu d'avril, les sommets des montagnes du Port-Royal commencent à se couvrir de nuages entre onze heures et midi. A une heure, ces nuages ont acquis leur maximum de densité; la pluie s'en échappe par torrents, des éclairs sillonnent dans tous les sens; enfin le tonnerre, auquel ils donnent naissance, fait entendre ses sourds roulements jusqu'à Kingston. Vers deux heures et demie, le ciel a repris sa sérénité.

Ce phénomène, dit M. Hutchison, se reproduit tous les jours pendant cinq mois consécutifs.

M. Boussingault a écrit à Arago que, dans une certaine saison, il tonne presque tous les jours à Popayan; que dans un mois (le mois de mai), il a lui-même compté plus de vingt jours orageux.

Moi-même, pendant plusieurs jours de suite, j'ai vu naître, sous mes yeux, un orage qui s'élevait du mont Pilate faisant face à Lucerne. Il m'est arrivé encore d'être témoin, sur le mont Rigy, d'un orage formé sous mes pieds ; j'avais passé la nuit sur la montagne, et rien à l'horizon, qui est fort étendu, n'avait annoncé la venue de nuages orageux. Les exemples pourraient être multipliés à l'infini, nous les supprimons pour passer enfin à l'explication des phénomènes.

Cette explication a toujours paru très-compliquée et fort difficile. Arago a dit (t. IV, p. 171) : « Ce serait une grande dé» couverte dans la physique du globe que la preuve d'une » liaison intime et prononcée entre la nature géologique des » terrains et le nombre ou la force des orages. »

Sans avoir la prétention d'atteindre cet important résultat, nous pensons cependant que les progrès récents de la physique, de la chimie et de la météorologie, permettent de présenter des explications qui étaient impossibles il y a quelques années.

Nous savons actuellement, en effet, quelle est l'origine des deux électricités atmosphériques : l'une est fournie par la terre, c'est l'électricité négative ; l'autre, par l'eau à l'état de vaporisation, c'est l'électricité positive ; nous savons encore que les orages ne sont possibles que lorsque ces deux électricités sont en présence et se combinent. Or, s'il se trouvait des points du globe où il ne se produisît qu'une seule électricité, évidemment il n'y aurait pas d'orage : cette supposition est une réalité. Pendant l'hiver, dans nos contrées, la végétation est nulle ou presque nulle, les feuilles tombent des arbres et la terre est nue; les orages cessent ou ne se manifestent que très-rarement.

Dans les pays dépourvus de végétation, ainsi que se trouvent les déserts éloignés des mers ou des cours d'eau, l'électricité positive manque, il n'y a pas d'orage; il y survient sans doute des ouragans terribles, mais sans tonnerre. C'est la même cause, sous un aspect différent, qui empêche la formation des orages dans les régions polaires : les glaces perpétuelles couvrent la terre, empêchent la végétation et s'opposent à la formation de l'électricité positive ; de là absence totale ou presque totale d'orages avec tonnerre, mais, par contre, manifestation fréquente d'aurores boréales, dues, comme on le sait, à des actions électriques qui, très-probablement, sont produites par l'accumulation, en un point de l'atmosphère, d'une grande quantité d'électricité négative.

La diminution ou même la suppression des orages peut encore avoir lieu pour une cause contraire. Si c'est l'eau qui couvre une vaste étendue du globe, l'électricité positive est en excès ; les orages diminuent de fréquence à mesure qu'on s'éloigne des côtes, ils cessent même totalement ou presque totalement en pleine mer, et l'on peut répéter avec l'amiral Duperrey : « Que la cendre de Napoléon ne sera jamais troublée par la foudre. »

L'influence d'une seule électricité dans l'atmosphère paraît s'étendre au loin; c'est probablement à cette cause qu'il faut attribuer la rareté et presque l'absence de pluie en Égypte. Quant aux orages, ils ne se montrent que sur le littoral de la mer et dans le voisinage du Nil, dont la vaporisation de l'eau fournit l'électricité positive.

Nous pouvons encore expliquer avec la même facilité la multiplicité des orages avec tonnerre dans les lieux où existent de nombreux volcans; l'électricité négative qu'ils fournissent abondamment rencontre l'électricité positive donnée par l'eau, de là combinaison des deux fluides, orages et tonnerres.

Ces faits concordent généralement avec les remarques faites par M. Le Verrier. Ce savant affirme, en effet, que les orages partent de la mer pour s'avancer sur les continents, et comme la mer fournit abondamment de l'électricité positive et la terre de l'électricité négative, ces deux électricités doivent se rencontrer vers le littoral, où s'opère nécessairement la combinaison des deux fluides. Ce fait admis, est-ce une raison suffisante pour qu'une combinaison de même nature ne puisse pas se produire sur les continents, dans les lieux où la végétation est abondante et l'eau accumulée dans des lacs ou des rivières?

Nous ne le pensons pas, et des faits nombreux appuient notre sentiment. Nous croyons donc qu'il y a erreur lorsqu'on avance que les orages partent toujours de la mer pour aller se perdre ensuite dans les points les plus reculés des continents. Non, il n'en est point ainsi : la formation des orages varie selon les lieux, les conditions géologiques et météorologiques. Quant à la marche qu'ils suivent, est-elle bien celle qu'admet M. Le Verrier? Nous ne le pensons pas encore. Ce savant paraît admettre que le nuage orageux, dès qu'il est formé, est poussé par les vents et qu'il peut parcourir des espaces immenses en opérant sur sa route des décharges multipliées.

Cette théorie est contraire aux lois connues de l'électricité : on sait qu'une bouteille de Leyde, quelque chargée qu'elle puisse être, ne peut donner qu'un petit nombre de décharges, à moins qu'on ne lui rende de l'électricité. Or, les nuages agissent exactement comme une bouteille de Leyde chargée; ils perdent rapidement leur électricité, soit qu'on la soutire par les moyens connus (1), soit que le fluide se perde par des décharges : on ne saurait donc admettre qu'un même nuage parcoure des distances immenses en fournissant constamment de l'électricité, sans s'épuiser. Il me paraît plus exact de s'appuyer sur les faits qui démontrent que l'électricité se transmet par influence ou bien par un léger contact, qui constituerait peut-être une amorce propageant l'électricité, ainsi que le fait la machine de Holtz : s'il en est ainsi, on comprend aisément la formation fréquente des orages sur les bords de la

(1) Les montagnes de la forêt Noire qui entourent la petite ville de Wildbad sont couvertes de hauts sapins, qui soutirent l'électricité et la protégent si bien contre le tonnerre, que plusieurs auteurs ont avancé qu'il n'est jamais tombé sur la ville.

et leur transmission à d'autres nuages électriques. Ainsi : serait pas un seul orage qui voyagerait, mais bien une de nuages chargés d'électricité, s'amorçant successive-', et cessant d'agir lorsqu'ils ne trouvent plus les éléments ssaires à leur transmission; aussi voit-on des orages r tout à coup lorsqu'ils ne trouvent pas un autre nuage gé d'électricité et susceptible d'être amorcé.

mme ces explications reposent sur des faits scientifiques démontrés, et que l'expérience peut les répéter chaque je pense qu'ils doivent être désormais la base de la ·ie des orages.

SCOUTETTEN.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XVI

Le curare considéré comme moyen contentif physiologique

rès avoir étudié le chloroforme et les principes narco-s de l'opium, nous passons à un autre moyen contentif iologique qui présente aujourd'hui une grande impor-: sous plusieurs rapports : c'est le curare.

n'y a que peu de temps que cette substance est entrée les usages physiologiques. Elle n'est pas facile à se pro-, car on ne la trouve pas dans le commerce européen, et ne savons pas la préparer. Elle nous vient encore des ges d'Amérique, surtout du Brésil, qui cachent avec leur procédé de préparation. De Humboldt et M. Bous-ult, qui ont voyagé dans ces pays, en ont rapporté quel-renseignements sur ce mode de préparation qui paraît compliqué; mais au milieu des détails obscurs ou con-:toires qu'on est parvenu à recueillir, il est impossible mêler d'une manière sûre les éléments essentiels des in-ents accessoires et des procédés purement symboliques perstitieux.

ssi règne-t-il encore aujourd'hui une grande incertitude nature véritable de ce poison, qui, sous le même nom, certainement des natures très-diverses et qu'on a rap-tour à tour au règne animal et au règne végétal. Pour ns, ce serait le venin d'un batracien ou d'un serpent onque, ou une sécrétion animale d'un autre genre; pour tres, ce serait le suc de certaines plantes, et l'on en a tour indiqué plusieurs, fort différentes, comme jouant le rôle al dans cette fabrication.

utes ces opinions peuvent s'autoriser de renseignements ou moins authentiques recueillis par les voyageurs. Mais ne prouve pas grand'chose; car, à en juger par ces récits nêmes, il est certain que les Indiens d'Amérique font venir tant de choses dans la fabrication du curare, que coup de ces choses doivent être étrangères aux propriétés ologiques de cette substance.

L'opinion la plus vraisemblable est encore celle qui attribue les effets du vrai curare, de celui dont nous nous servirons, à une substance extraite de quelque plante. On a particulièrement indiqué le *Strychnos toxifera*. Il ne faudrait pas sans doute écarter cette plante d'une manière absolue, sous prétexte que ses congénères produisent la strychnine, dont les propriétés physiologiques sont non-seulement très-différentes, mais presque directement contraires à celle du curare. En effet, nous rappelions encore, à la fin de notre dernière leçon, à propos de l'opium, qu'il serait inexact de croire, avec la maxime trop absolue de Jussieu, que les plantes d'une même famille produisent nécessairement des substances douées de propriétés physiologiques semblables ou même analogues. Mais enfin aucun fait direct et positif n'est encore venu démontrer que le curare dérivait du *Strychnos toxifera*.

Je me suis aussi préoccupé de cette question, et voici ce que j'ai trouvé. Ayant rencontré dans un pot de curare quelques petits fruits, je les remis à M. Tulasne pour en faire la détermination, et il trouva que ces petits fruits appartenaient à l'espèce nommée *Paullinia cururu*. Il était naturel de supposer dès lors que cette plante pourrait bien être celle qui fournit le principe actif du curare. Pour m'en assurer, je fis chercher dans divers herbiers si l'on n'y trouverait pas d'autres fruits de la même espèce. On en découvrit, en effet, quelques-uns avec lesquels je fis une petite solution.

L'injection de cette solution sur des grenouilles provoqua des phénomènes tout à fait analogues à l'empoisonnement par le curare. Mais je disposais d'une quantité de matière toxique trop insuffisante pour avoir le droit de tirer de cette expérience des conclusions bien certaines.

Nous sommes donc toujours dans l'ignorance de la véritable nature du curare, et par suite dans l'impuissance de le préparer nous-mêmes. Il faut toujours aller le chercher chez les Indiens du Brésil, qui le préparent pour empoisonner leurs armes de guerre ou de chasse, et c'est généralement au prix de beaucoup de peines que les voyageurs parviennent à s'en procurer ainsi, par voie d'échange, avec les différents objets qu'on sait de nature à plaire aux sauvages.

Toutefois, depuis que le curare a pris une véritable importance physiologique, on peut s'en procurer chez les marchands de produits chimiques, qui le font venir eux-mêmes d'Amérique.

Le curare a pénétré pour la première fois en Europe à la fin du XVI[e] siècle. Il y fut apporté en 1595 par Walter Raleigh de la Guyane que cet Anglais venait de découvrir. Nous le recevons aujourd'hui sous deux formes distinctes : d'abord dans des pots ou calebasses, comme celles que je vous présente et où vous voyez une sorte d'extrait noirâtre dont l'aspect n'est pas sans analogie avec celui du jus de réglisse; puis sur des flèches de différentes dimensions, suivant leurs usages, et dont la pointe a été trempée dans l'extrait des calebasses plus ou moins étendu d'eau.

Il y a vingt-cinq ans déjà que j'ai fait mes premières expériences sur ce poison. M. Goudot en avait rapporté une assez grande quantité du Brésil, et il en donna à Pelouze, qui me le transmit pour l'étudier. C'est de ce moment que part l'histoire vraiment scientifique et positive du curare.

Mais il est bien entendu qu'on avait déjà fait auparavant bien des recherches sur ce corps qui attirait l'attention par des particularités en apparence fort mystérieuses.

Il y eut d'abord des observations recueillies à la chasse et à

Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 381, 392, 446, 504 et 541, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, rs, 10, 17 et 24 avril, 1[er], 15, 22 mai, 12 juin, 10 et 24 juillet

la guerre. On remarqua que les animaux atteints par des flèches empoisonnées avec du curare tombaient fort rapidement, et se trouvaient ainsi livrés sans défense au chasseur, avant même d'être complétement morts. Malgré l'énergique activité de ce poison, il n'y avait aucun danger à se nourrir de la chair des animaux qui avaient succombé sous son action mortelle, et, ce qui paraissait plus surprenant encore, on pouvait avaler impunément le curare lui-même en quantité relativement fort considérable.

Brodie, qui expérimenta avec ce poison, vit, le premier, qu'il tuait en produisant l'asphyxie, et que la mort pouvait être évitée en pratiquant la respiration artificielle.

Mais nous ne pouvons pas faire ici l'histoire complète du curare; il faudrait pour cela une année entière. Nous prendrons seulement les faits qui présentent quelque intérêt au point de vue de l'application de cette substance comme moyen contentif physiologique pour maintenir les animaux et faire des expériences sur eux. Le procédé consiste, en somme, à produire par le curare un empoisonnement qu'on empêche d'aller jusqu'au bout.

Le fait de l'innocuité du curare dans l'intestin, qui avait frappé les premiers observateurs, est parfaitement exact, et c'est aussi le premier que nous devons signaler au point de vue qui nous occupe, car c'est de ce fait que dérive l'indication de l'endroit où il faut administrer le poison pour produire ses effets physiologiques.

Pour le chloroforme, nous avons vu que le seul lieu d'absorption convenable était le poumon, sauf cependant chez les grenouilles et les autres animaux doués d'une respiration cutanée active, qui peuvent également s'empoisonner avec cette substance par d'autres endroits.

Avec le curare, en général, on n'obtient pas d'effet toxique en le donnant par l'intestin. C'est ce qui arrive notamment chez les divers mammifères, lapins, chiens, etc. Aussi M. Boussingault rapporte-t-il qu'un général colombien prenait usuellement des pilules de curare pour se prémunir contre les attaques d'épilepsie auxquelles il était sujet. Mais ce fait même prouve qu'à défaut d'action toxique, on croyait le curare capable de produire dans l'intestin une action plus faible et simplement thérapeutique.

Il y a cependant des animaux chez lesquels le curare est toxique dans le canal intestinal. C'est un exemple des différences qu'on peut observer au point de vue de l'action d'une même substance sur divers animaux. Mais ces différences ne sont généralement qu'apparentes, et la physiologie doit toujours s'efforcer de les faire disparaître en déterminant leur explication rationnelle.

Ici, surtout, de pareilles différences n'ont rien d'étonnant, car la raison de l'innocuité ordinaire du curare dans le canal intestinal, c'est la lenteur relative de son absorption dans ce canal, surtout lorsqu'il est obstrué par des matières alimentaires, et en même temps la rapidité plus grande de l'élimination par suite de l'influence du curare sur les glandes. Il résulte de ces deux faits une sorte de compensation permanente des deux phénomènes qui empêche le curare de s'accumuler dans le sang en quantité suffisante pour y agir toxiquement. Or, on comprend que des circonstances de ce genre sont naturellement variables d'un animal à l'autre.

Avant d'aller plus loin, montrons d'abord par des expériences comparatives le fait de l'innocuité ordinaire du curare dans le canal intestinal.

Voici deux lapins choisis dans des conditions comparables. Le premier reçoit dans l'estomac, par une canule qui l'y conduit directement, un centimètre cube de dissolution, contenant 5 milligrammes de curare. L'emploi de cette canule a pour but d'empêcher la chute du curare dans le larynx ou sur la surface pulmonaire, où il serait absorbé très-activement, à l'inverse de ce qui a lieu dans l'estomac. Le second lapin reçoit une dose moitié moindre en injection sous-cutanée dans la patte. Vous voyez qu'au bout d'un temps assez court, il tombe pris des effets du curare, tandis que l'autre ne manifeste aucun malaise. Quelque temps après il reçoit une nouvelle dose de 10 milligrammes de curare, et il continue à n'éprouver aucun effet, bien que 15 milligrammes soient une dose énorme pour un animal de cette taille.

Voici maintenant deux pigeons, également comparables. L'un reçoit un centimètre cube de la même dissolution, c'est-à-dire 5 milligrammes de curare, dans le jabot, toujours avec une canule, comme chez le lapin et pour la même raison. L'autre reçoit la moitié de cette dose en injection sous-cutanée sous le ventre. Cette fois encore, comme pour les lapins, vous voyez que le second est rapidement pris des effets du curare, tandis que le premier n'éprouve rien, bien qu'il ait reçu une dose double.

En même temps qu'elles démontrent l'innocuité du curare dans le canal intestinal, nos expériences comparatives indiquent également la voie d'administration la plus efficace pour ce poison comme pour la plupart des substances toxiques, je veux dire l'injection sous-cutanée.

L'innocuité constatée du curare dans les intestins servit de base principale à une hypothèse sur la nature de ce poison mystérieux. On croyait autrefois que les venins animaux avaient pour caractère essentiel de n'être pas toxiques dans le canal intestinal. On en conclut naturellement que le curare, présentant ce caractère, devait être un venin animal, et l'on supposait qu'il pouvait venir du crapaud ou du crotale. J'admettais cette opinion comme presque tout le monde lorsque je commençai mes travaux sur le curare il y a vingt-cinq ans. Cependant cette théorie, qui paraissait alors si naturelle, n'est plus soutenable aujourd'hui.

Faut-il accuser les physiologistes ou l'objet de leurs études de ces revirements si complets qu'on ne voit guère se produire dans d'autres sciences? Non. On raisonne en physiologie comme dans les autres sciences, ni mieux, ni pire. Mais ce qui fait que les raisonnements physiologiques sont souvent reconnus si mauvais, c'est qu'on part plus souvent en physiologie que dans les autres branches d'études plus avancées, de faits non démontrés. On n'a, du reste, le droit d'en faire un sujet de reproche pour personne, car c'est là une conséquence forcée de l'état d'une science à ses débuts, qui tâtonne encore pour trouver sa voie et fonder ses principes.

Aujourd'hui, tous les faits récents démontrent que les venins animaux peuvent devenir toxiques dans l'intestin aussi bien que les poisons végétaux. Il suffit pour cela de modifier certaines conditions physico-chimiques, le plus souvent des conditions d'absorption. Ce point a été démontré notamment pour le venin du crapaud, celui de la salamandre, etc. Les virus, qui engendrent certaines maladies appelées par cette raison virulentes, sont assez analogues aux venins animaux ordinaires. Eh bien! les travaux de M. Villemin et de M. Chauveau sur la tuberculose, qui rattachent cette affection aux maladies virulentes, montrent en même temps qu'elle

nsmissible par la voie du canal intestinal. Il en est de du charbon ou sang de rate, etc.

reste, j'ai démontré que le curare lui-même pouvait levenir toxique dans le canal intestinal chez tous les ux, dès qu'on supprimait ou qu'on ralentissait suffi- int l'élimination. Les motifs qui avaient fait assimiler ois le curare à un venin animal ont donc complétement u. Peut-être cependant trouverait-on encore aujour- quelques personnes qui croient à la nature animale du . Ainsi M. Polli, ayant remarqué que le curare, en it sur le feu, répandait une odeur analogue à celle que t le scorpion en semblable circonstance, suppose qu'il avoir du scorpion dans le curare. Mais je n'ai pas be- e vous faire remarquer le peu d'importance du fait par M. Polli et sa fragilité comme base certaine d'in- n scientifique.

ne sait donc pas encore au juste ce que c'est que le urare; mais on peut accepter comme certain que c'est rait végétal, sans pouvoir indiquer toutefois de quelle il dérive. Comme tous les extraits, le curare a une sition fort variable qui rend très-difficile de mesurer manière un peu précise la dose qu'on veut donner. est-il fort utile de chercher à en retirer le principe ous forme d'une substance bien définie.

heureusement, cette recherche est fort difficile. M. Bous- lt, qui l'a tenté le premier, n'est parvenu à obtenir substance incomplétement isolée qu'il a nommée cu- . La question a été reprise, il y a quatre ans, dans mon toire, par un jeune physiologiste allemand, M. Preyer, près des essais fort longs et fort laborieux, a fini par iso- curarine sous forme de cristaux à peu près incolores; ous n'en avons eu ainsi qu'une très-petite quantité. La ation est fort longue, fort délicate, et exige de grandes tés de curare, dont la plus grande partie se perd dans les ulations.

s en sommes donc encore réduits à employer pour nos ences le curare lui-même, malgré tous les inconvénients és à sa qualité d'extrait. On fait une dissolution d'un pot itier à la fois, et tant qu'on se sert de cette dissolution, périences sont comparables entre elles. Mais quand ce t épuisé ou qu'il faut se servir d'une dissolution diffé- provenant d'un autre pot, on est obligé de doser de au la force de ce curare, qui peut être très-différente e du premier. On arrive ainsi à établir une certaine n approximative entre les diverses séries d'expériences nparant pour chacun des curares employés les doses it été nécessaires pour produire un effet donné, par le empoisonner mortellement une grenouille de gros- dinaire.

ns maintenant comment on a profité des propriétés du pour en faire un moyen contentif dans les expériences logiques.

élèbre chirurgien anglais Brodie qui, ainsi que nous avons déjà dit, institua des expériences physiologiques ses avec le curare, opérait sur de grands animaux, no- nt sur des ânes. Il s'aperçut bien vite que ces animaux ient par asphyxie sous l'influence du curare, et il fit à t un certain nombre d'observations excellentes, qu'on bientôt de vue dans la science, mais qu'il est indispen- le rappeler aujourd'hui, d'abord parce qu'elles ont une réelle, et ensuite parce qu'elles présentent un véri- table intérêt au point de vue où nous nous plaçons ici, et relativement aux principes de l'absorption, qui est d'une si grande importance dans l'étude de l'action des substances toxiques et médicamenteuses.

On sait que lorsqu'on ouvre le ventre chez un animal en digestion, on aperçoit aussitôt sur les intestins des vaisseaux d'un blanc lacté que leur couleur fait détacher très-nette- ment sur les autres vaisseaux. Ce sont les vaisseaux chylifères qui se réunissent dans une sorte de carrefour nommé la citerne de Pecquet, d'où part le canal thoracique, qui conduit le chyle dans la veine sous-clavière gauche. Ces vaisseaux sont connus depuis longtemps, puisqu'ils ont été découverts au XVI[e] siècle par Aselli, et on leur attribua aussitôt un rôle considérable dans l'absorption et la nutrition. Au commence- ment de ce siècle, Bichat enseignait encore que l'absorption se faisait par les vaisseaux lymphatiques, et surtout par les chylifères, qui sont une des parties importantes du système lymphatique. Quant aux veines, on ne leur attribuait aucun rôle dans l'acte capital de l'absorption.

Aujourd'hui, au contraire, c'est tout l'inverse. On ne parle plus guère des lymphatiques ni même des chylifères, et l'on regarde les veines comme les organes essentiels de l'absorp- tion. Ce changement total dans les opinions physiologiques est dû aux travaux de Magendie. Il introduisait un poison quel- conque dans un membre et liait la veine de ce membre de façon à empêcher le sang de cette veine de se répandre dans le reste de l'organisme. L'animal ne manifestait aucun effet toxique tant que la veine restait liée ; mais, dès qu'on la dé- liait, l'intoxication commençait à se produire. Cette expé- rience démontrait clairement que la veine était le chemin suivi par le poison pour aller atteindre les tissus, et par con- séquent l'organe de l'absorption.

Eh bien, Brodie avait institué une expérience tout à fait analogue et qui fut célèbre à cette époque. Après avoir pra- tiqué une forte ligature autour de la jambe d'une ânesse, il injecta du curare au-dessous de la ligature en quantité lar- gement suffisante pour tuer l'animal, et il constata que mal- gré cette opération, l'ânesse continuait à paître et à vivre fort tranquillement.

Ensuite on desserra la ligature, et l'animal ne tarda point à tomber; quand il fut devenu immobile et parut mort, Brodie lui fit la trachéotomie, introduisit la pointe d'un soufflet dans la trachée, et pratiqua ainsi la respiration artificielle. Au bout d'un certain temps, la sensibilité reparut dans la con- jonctive, bientôt l'ânesse remua les jambes, puis elle releva la tête.

Mais il paraît que tout le curare n'avait pas pu s'éliminer et qu'il y avait encore du poison dans l'organisme, car les phénomènes de la mort apparente revinrent de nouveau, quand on cessa la respiration artificielle. On reprit alors la respiration artificielle qui avait été interrompue : après une demi-heure ou trois quarts d'heure de nouvelles manœuvres, l'ânesse se releva définitivement et se mit à marcher. La tra- chéotomie se guérit vite, et l'ânesse vécut très-bien portante et fort longtemps ; elle fit même un petit, et on la conserva comme un animal curieux pour avoir échappé à cet em- poisonnement d'une manière qui paraissait assez mystérieuse.

M. Virchow fit aussi sur le curare des expériences qui véri- fièrent les observations de Brodie.

C'est en 1844 que je commençais mes recherches sur cette substance, et je montrai le premier qu'on peut s'en servir comme

d'un moyen d'investigation physiologique en ce qu'il analyse et sépare les propriétés des systèmes nerveux et musculaires. Depuis cette époque, le curare figure dans tous les laboratoires de physiologie, en quelque sorte comme les réactifs d'un laboratoire de chimie, et il a été l'objet de travaux fort nombreux.

Quant à l'idée d'employer le curare comme moyen contentif physiologique, elle dérive de la propriété paralysante du curare sur le système nerveux moteur. Voici la méthode qui est le plus généralement suivie. On répète en quelque sorte la seconde expérience de Brodie. On donne à l'animal sur lequel on veut expérimenter une dose de curare suffisante pour le tuer; puis, quand il tombe et reste immobile, mort en apparence, on pratique la respiration artificielle, et on la continue pendant toute la durée de l'expérience, plusieurs heures si cela est nécessaire.

Mais cette méthode me paraît trop brutale et elle a parfois des inconvénients sérieux. En effet, après plusieurs heures de respiration artificielle dans ces circonstances, l'animal a subi des modifications qui persistent un certain temps et s'opposent souvent à ce qu'on puisse faire sur lui des observations ou des expériences régulières.

Je préfère, quant à moi, opérer autrement, en répétant en quelque sorte la première expérience de Brodie au lieu de la seconde, et encore avec une certaine modification. Quand l'animal est pris des effets du curare, je lie aussitôt le membre où a été faite l'injection toxique. La quantité de poison déjà entrée dans la circulation générale ne suffit pas pour tuer définitivement l'animal; elle s'élimine progressivement, et la ligature empêche de nouvelles quantités de curare de venir l'entretenir et surtout l'accroître. Quand on voit que l'animal va se relever, on relâche la ligature jusqu'à ce qu'il tombe de nouveau, puis on la resserre une seconde fois, et l'on continue ainsi aussi longtemps que cela est nécessaire.

Ce procédé est plus physiologique et plus élégant que l'autre. Il constitue même le meilleur moyen thérapeutique à employer dans un cas de piqûre toxique à un membre, car il équivaut à la soustraction momentanée du membre, et par conséquent du poison qu'il contient, et qui ne peut plus ainsi aller arrêter le fonctionnement général de l'organisme. Des relâchements successifs et convenablement espacés de la ligature permettent ensuite de le laisser écouler peu à peu à travers l'économie, par petites portions incapables d'en détruire l'ordre fonctionnel.

Voici un animal incomplétement empoisonné par le curare suivant la méthode que nous venons d'indiquer, vous voyez combien est complet l'état de relâchement général qu'on obtient par l'emploi du curare. Il y a là toutes les conditions extrinsèques propres à faciliter la plupart des expériences physiologiques. L'animal ainsi curarisé semble complétement mort, et ce lapin serait suspendu à la porte d'un marchand de comestibles, que personne ne le distinguerait des autres lapins de l'étalage, si l'on ne remarquait encore les mouvements de la respiration dans les côtes : c'est le seul signe de la vie qui persiste, et cependant l'animal est parfaitement vivant.

Mais pour réussir à obtenir cet état, il y a des précautions à prendre. En répétant autrefois mes expériences, il m'arriva une fois de ne plus réussir comme d'ordinaire. Cependant, tout dans cette expérience paraissait semblable aux précédentes. J'avais employé le même curare, j'en avais donné la même dose, l'animal était aussi comparable que possible aux précédents, l'injection avait été faite au même endroit, de sorte que les conditions d'absorption paraissaient identiques; enfin la ligature du membre avait été pratiquée de la même manière, au même endroit, et au bout du même temps. Cependant l'animal mourut, malgré la ligature qui devait le sauver, et qui, dans ce cas, ne paraissait aucunement s'opposer à la continuation de l'empoisonnement.

Quand on voit ainsi se produire des différences inattendues entre des expériences qui devaient fournir les mêmes résultats, puisqu'elles étaient faites dans des conditions, en apparence au moins, identiques, il y a nécessairement une cause précise qui explique ces différences, et il faut par conséquent la chercher sans se contenter d'explications vagues, de variations de force vitale ou d'idiosyncrasies individuelles que rien ne prouve.

C'est ce que je fis dans cette circonstance, et je vis que la cause de mon insuccès résidait dans la différence de concentration de la dissolution. On employait dans le laboratoire deux genres de dissolution de curare, l'une de 5 milligrammes de curare par centimètre cube d'eau, l'autre deux fois plus forte, c'est-à-dire de 1 centigramme de curare par centimètre cube d'eau. Dans mes premières expériences, j'avais employé la dissolution la plus faible; dans la dernière au contraire, je m'étais servi de la dissolution la plus forte. J'avais bien donné la même dose de curare, mais je l'avais administrée dans une quantité d'eau moitié moindre.

Il est facile de comprendre que cette circonstance est de nature à influer sur les résultats. En effet, on pratique la ligature quand l'animal tombe sous l'influence du curare. A ce moment, une certaine quantité de l'injection est déjà passée dans la circulation générale. Cette quantité ne peut plus s'augmenter, puisque la ligature empêche l'introduction du reste du poison ; mais ce qui est entré reste dans l'organisme jusqu'à ce qu'il soit parvenu à sortir par les voies d'élimination, dont la rapidité de fonctionnement est limitée. Or, quand on a employé une dissolution plus concentrée, la quantité de la solution toxique introduite dans la circulation générale, au moment de la ligature, est peut-être un peu inférieure, mais la dose de poison contenue dans cette quantité d'eau est certainement supérieure, et dès lors on comprend parfaitement que l'élimination puisse ne plus être assez active pour l'enlever avant qu'elle ait eu le temps de tuer l'animal, tandis que ce résultat était facilement obtenu quand la dose toxique à éliminer était plus faible.

Tous les moyens contentifs physiologiques ont leurs inconvénients propres à côté de leurs avantages particuliers. Ainsi, nous avons constaté que le chloroforme et les narcotiques troublaient beaucoup la circulation, de telle sorte qu'on s'exposerait à de graves erreurs en les employant pour expérimenter sur cette fonction. Le curare au contraire est exempt de cet inconvénient, ce qui le rend très-propre aux expériences de ce genre et à une foule d'autres. Ainsi, c'est avec ce moyen contentif qu'ont été exécutées les récentes recherches microscopiques sur la circulation, particulièrement chez les grenouilles.

En résumé, chaque moyen contentif a donc ses indications particulières, et il faudra tenir compte de ces indications pour employer suivant les cas l'un ou l'autre.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ÈME ANNÉE NUMÉRO 37 14 AOUT 1869

Paris, 13 août 1869.

:hartre a présenté à l'Académie des sciences un mé-
itéressant de M. Ed. Prillieux, relatif à l'influence e l'intensité de la lumière colorée sur la quantité de dégagent les plantes submergées.

t que les parties vertes des plantes jouissent de la é de décomposer l'acide carbonique sous l'action de re. Depuis que cet important phénomène de physiolo-ale a été établi d'une façon incontestable, on a cher-nalyser et à déterminer quelle part spéciale il con-ttribuer aux divers rayons solaires. Il ressort des es nombreuses et importantes qui ont été faites dans e : 1° Que les divers rayons solaires n'agissent pas nême intensité comme cause de la décomposition de arbonique par les plantes; 2° que ce sont les rayons de la partie lumineuse du spectre, c'est-à-dire les unes, qui ont au plus haut point cette propriété; action décomposante s'étend, en décroissant rapide-ns les rayons extrêmes, et se prolonge même au delà ns visibles, mais faiblement; 4° que, par conséquent, ion n'est pas proportionnelle à l'énergie avec la- lumière décompose les sels d'argent; 5° en outre, la des observateurs ont admis également qu'elle n'est plus proportionnelle à l'action calorifique; toutefois ent d'être tout récemment contesté. On sait, d'autre les rayons de différentes couleurs ne sont pas égale-mineux; il est bien évident que le jaune et l'orangé lus grand éclat que le rouge, le bleu et surtout l'in-e violet. Or, il paraît résulter de l'ensemble des ex-s qui ont été faites, que, d'une façon générale, les ui ont le plus grand pouvoir éclairant sont aussi ceux ent le plus sur la chlorophylle.

'ois, jusqu'ici les observateurs se sont exclusivement és d'obtenir des couleurs bien pures et aussi homo-e possible pour leurs expériences, sans faire entrer de compte la différence d'intensité des lumières qu'ils gir sur les plantes. Ainsi, par exemple, on a comparé de la lumière orangée qui passe à travers un écran 'une solution saturée de bichromate de potasse, à traverse une solution de sulfate de cuivre ammo-ui ne donne, au spectroscope, que du violet, du bleu u de vert. Or, il est bien certain que, dans ce cas, n regard deux clartés fort différentes : d'une part, lante lumière orangée; de l'autre, une faible lueur 'expérience montre que la première a une action p plus grande que la seconde; sans doute : mais à quoi l'attribuer? à la nature propre de sa lumière ou à son intensité? Il y a là, dans toutes les expériences, une lacune importante, et l'on ne saurait affirmer, comme on le fait, que les rayons jaunes sont ceux qui agissent le plus sur la chlorophylle, sans prêter à la plus fâcheuse confusion, tant qu'on n'aura pas établi si c'est en tant que jaunes qu'ils exer-cent sur la plante l'action que l'expérience constate, ou seu-lement en raison de leur plus grand pouvoir éclairant.

M. Ed. Prillieux a cherché à résoudre cette question expé-rimentalement.

Pour obtenir des lumières de même pouvoir éclairant, bien que de couleurs diverses, il a eu recours à l'emploi de solu-tions colorées qui pouvaient être rendues à volonté plus fon-cées ou plus claires, en ajoutant, soit de la solution concen-trée, soit de l'eau. Il versait ces liquides dans des appareils de verre en forme de cylindres creux, dont il entourait des bougies allumées, et il faisait varier la solution jusqu'à ce que la lumière qui traversait deux de ces cylindres de couleurs différentes eût, de part et d'autre, un éclat sensi-blement égal.

Pour l'évaluation de la quantité de gaz exhalé sous l'ac-tion de la lumière, dans un temps donné, il a employé, à l'exemple de M. Sachs, une méthode d'une extrême délica-tesse et qui convient très-bien aux recherches physiologiques. Un rameau nettement coupé d'une plante d'eau, mis au so-leil dans de l'eau chargée d'acide carbonique, dégage par la coupe une série de bulles qui se suivent à intervalles très-réguliers quand on agit dans des conditions convenables et que l'intensité de la lumière est bien constante, mais dont le dégagement se ralentit aussitôt que l'intensité de la lumière est amoindrie.

Les expériences de M. Prillieux ont été exécutées sur des plantes aquatiques (*Potamogeton perfoliatus*, *Elodea canadensis*), et il en conclut que les lumières de couleurs diverses agissent également sur les parties vertes des plantes et y déterminent un égal dégagement de gaz à égalité d'intensité lumineuse; par conséquent, que tous les rayons lumineux déterminent la réduction de l'acide carbonique par les plantes en propor-tion de leur pouvoir éclairant, quelle que soit leur réfrangi-bilité. Donc, si les rayons modérément réfrangibles du spec-tre qui forment la lumière jaune et orangée ont, comme de nombreuses expériences l'ont prouvé, le pouvoir de produire, quand ils agissent sur les parties vertes des plantes, un plus grand dégagement d'oxygène que les autres rayons plus ou moins réfrangibles, cette propriété est due à ce que l'intensité lumineuse de ces rayons moyens est de beaucoup supérieure à celle des rayons extrêmes.

COLLÉGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol des oiseaux

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES FORCES MOTRICES QUI AGISSENT DANS LE VOL. — RAPIDITÉ D'ACTION DES MUSCLES DE L'OISEAU. — COMPARAISON DE L'ACTION DES MUSCLES AVEC CERTAINS PHÉNOMÈNES QUI SE PRODUISENT DANS LE CAOUTCHOUC. — DES DIFFÉRENTES FORMES DU TRAVAIL MUSCULAIRE. — MODIFICATIONS DE L'APPAREIL MUSCULAIRE ET DU SQUELETTE SUIVANT LE TYPE DU VOL, CHEZ LES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'OISEAUX.

A la simple inspection de l'aile d'un oiseau, il est facile de voir que le mécanisme du vol n'est plus le même pour lui que pour l'insecte. Qu'on observe la façon dont s'imbriquent les pennes de l'oiseau, et l'on verra que l'air ne trouve de résistance contre l'aile que de bas en haut, tandis qu'en sens inverse, il se fraye une issue facile en fléchissant les longues barbes des plumes qui ne sont plus soutenues.

Cette disposition bien connue, et dont Prechlt (2) a très-bien indiqué les effets, a pu faire croire que l'aile de l'oiseau n'a besoin que d'osciller dans un plan vertical pour que l'animal se soutienne contre la pesanteur, à cause de la prédominance de la résistance de l'air agissant de bas en haut sur celle qui existe en sens inverse.

Avant de discuter la valeur de cette théorie, il faudrait voir si l'aile de l'oiseau n'exécute réellement que ces oscillations dans un plan vertical. Nous nous retrouvons donc, comme au début des études sur le vol des insectes, en présence de questions que l'expérience seule peut résoudre.

Toutefois le problème se pose ici dans des conditions particulières. L'oiseau, par sa taille bien plus grande que celle de l'insecte, par sa disposition anatomique bien mieux connue, se prête à des études et à des expériences d'un autre ordre. J'étudierai autant qu'il sera possible la nature de la force musculaire de l'oiseau et l'influence qu'exercent sur le vol la disposition particulière de ses muscles et la forme de ses ailes. Les méthodes de myographie, dont l'emploi rend si facile l'analyse des différentes formes du mouvement produit par les muscles, seront, dans ces recherches, d'un précieux emploi.

L'anatomie comparée nous montre dans l'aile des oiseaux l'analogue du membre antérieur des mammifères. Réduite à son squelette, l'aile présente, comme le bras humain, l'humérus, les deux os de l'avant-bras, et une main rudimentaire dans laquelle on retrouve encore des métacarpiens et des phalanges. Les muscles aussi offrent de nombreuses analogies avec ceux du membre antérieur de l'homme ; de part et d'autre, quelques-uns ont une telle analogie d'aspect et de fonctions, qu'on a pu les désigner sous la même dénomination. En somme, chez l'oiseau, les muscles les plus développés sont ceux qui ont pour action d'étendre ou de fléchir la main sur l'avant-bras, l'avant-bras sur l'humérus, et enfin de mouvoir l'humérus, c'est-à-dire le bras tout entier, autour de l'articulation de l'épaule.

Chez la plupart des oiseaux, surtout chez les grandes espèces, l'aile semble rester toujours étendue pendant le vol. Ainsi les muscles extenseurs des différentes pièces de l'aile serviraient à donner à cet organe la position nécessaire pour que le vol soit possible, et à le maintenir dans cette position, tandis que le travail moteur serait exécuté par d'autres muscles beaucoup plus forts que les précédents, les muscles pectoraux.

Toute la face antérieure du thorax est occupée, chez l'oiseau, par des masses musculaires puissantes, et surtout par un grand muscle qui, d'après ses attaches au sternum, aux côtes et à l'humérus, se montre évidemment l'analogue du grand pectoral de l'homme et des mammifères ; son rôle est visiblement d'abaisser l'aile avec force et rapidité, et de prendre sur l'air le point d'appui nécessaire à soutenir ainsi qu'à mouvoir toute la masse de l'oiseau. Au-dessous du grand pectoral, se trouve le pectoral moyen ; sans analogue chez les autres espèces animales, ce muscle a pour action de relever l'aile. Enfin, extérieurement, le petit pectoral se porte du sternum à l'humérus; c'est un accessoire du grand pectoral.

Chacun sait que la force d'un muscle est proportionnelle au volume de cet organe ; aussi, en voyant que les muscles pectoraux représentent chez l'oiseau 1/6e environ du poids total de l'animal, comprend-on tout de suite que c'est à ces puissants organes qu'est dévolu le rôle principal dans l'acte du vol.

Borelli a voulu déduire du volume de ces muscles la force dont ils sont capables; il a cru pouvoir conclure que la force que l'oiseau emploie pour voler égale 10 000 fois son poids. Je ne réfuterai point l'erreur de Borelli, que tant d'autres se sont chargés de combattre, cherchant à substituer aux évaluations du physiologiste italien des chiffres dont l'exactitude ne serait guère plus facile à prouver. Les contradictions si grandes qui existent entre les estimations de la force musculaire des oiseaux tiennent à ce que ces tentatives de mesures étaient prématurées.

Si l'on voulait aujourd'hui faire une évaluation réelle du travail développé par l'oiseau pendant le vol, il faudrait avant tout demander à l'expérimentation physiologique les données complètes du problème. Cette mesure suppose la connaissance des mouvements de l'aile avec leur forme, leur étendue et leur vitesse à chaque instant ; elle suppose également connus l'étendue de la surface de l'aile, sa courbure et l'angle sous lequel elle frappe l'air. Ce problème sera peut-être le dernier dont nous puissions espérer la solution ; mais nous pouvons dès maintenant étudier, à d'autres points de vue, la force des muscles de l'oiseau, et apprécier quelques-uns des caractères avec lesquels elle se manifeste.

On peut déjà obtenir expérimentalement une mesure de l'effort maximum que puissent développer les muscles de l'oiseau. Cette mesure pourra bien ne pas correspondre à l'effort réel qui est développé dans le vol, mais elle nous empêchera de tomber dans l'exagération qui ferait attribuer aux muscles de l'oiseau une force supérieure à l'effort maximum dont ils sont capables.

De la force statique des muscles de l'oiseau. — En physiologie, on mesure la force statique développée par un muscle en cherchant le poids maximum que ce muscle puisse soulever.

(1) Voyez ci-dessus, pages 61, 171 et 252, 26 décembre 1868, 13 février et 20 mars 1869.

(2) *Untersuchungen über den Flug der Vögel*, in-8°, Wien, 18[illegible].

détermination a été faite par E. Weber (1) sur les mus-
e la grenouille; par Henke et Knorz (2), puis par Koster (3),
es muscles de l'homme. Le poids maximum dans ces
iences était de 1 kilogramme environ par centimètre
de section musculaire, d'après Weber; de 5 pour Henke
orz; enfin, de 7 pour Koster.
es estimations de Borelli et même celles de Navier étaient
, on devrait trouver aux muscles de l'oiseau une
statique bien plus considérable; il ne m'a pas paru, au
ire, que cette force surpassât celle des muscles des
nifères.
ais déjà constaté qu'un poids d'un kilogramme placé
ile d'un pigeon, au niveau de l'articulation du bras avec
t-bras, ne pouvait être soulevé par les efforts volontaires
nimal. Aussi, dans certaines expériences où l'on veut
un oiseau immobile, un excellent moyen de contention
terait-il à mettre l'oiseau sur le dos, les ailes étendues,
charger chaque aile d'un sac de grenaille de plomb
un kilogramme.
oulus avoir une mesure plus précise de la force des mus-
ectoraux. Une buse chaperonnée fut placée sur le dos
a position que je viens de décrire. L'application du cha-
plonge ces animaux dans une sorte d'hypnotisme pen-
equel on peut faire sur eux toute espèce d'opérations,
u'ils trahissent leur douleur autrement que par des
ments réflexes. Je dénudai le grand pectoral et la ré-
umérale, je liai l'artère, et désarticulai le coude en
l'ablation de tout le reste de l'aile. Je fixai alors une
à l'extrémité de l'humérus, et au bout de la corde je
un plateau dans lequel on versa de la grenaille de
. Le tronc de l'oiseau étant parfaitement immobilisé,
i le muscle par des courants induits interrompus, et,
t que se produisait le tétanos artificiel, un aide ver-
grenaille de plomb jusqu'à ce que la force de raccour-
nt du muscle fût surmontée. A ce moment, le poids
é était de 2 kilogrammes 380 grammes.
bras de levier au bout duquel ce poids avait été placé
longueur même de l'humérus : environ 9 centimètres,
mesure la longueur du levier entre l'attache de la
t le centre du mouvement de l'articulation humérale.
de la puissance, visiblement beaucoup plus court, est
ficile à mesurer. D'abord, l'attache du grand pectoral
sur une grande longueur, environ 3 centimètres. Si
t supposer la force musculaire appliquée au milieu
e ligne d'insertion, le bras de levier de la puissance
viron 17 millimètres. Le poids soulevé et l'effort mus-
multipliés l'un et l'autre par leurs bras de leviers res-
s'équilibraient. Il s'ensuit que la valeur réelle de la
l'oiseau était $\frac{2380 \times 90}{17}$; ce qui donne $12^k,600$ pour
du grand pectoral tout entier. Divisant ce nombre par
ui représentent la surface de section de ce muscle,
nt, pour chaque faisceau du muscle de l'oiseau ayant
mètre carré de section, un effort de 1298 grammes.
blesse du chiffre que j'ai obtenu peut tenir à certaines
l'erreur. D'abord je n'ai pas coupé le tendon du pec-
toral moyen (élévateur de l'aile). On peut donc objecter que les courants électriques, s'irradiant jusque dans la région profonde des muscles thoraciques, ont excité l'élévateur de l'aile, dont l'action, antagoniste du grand pectoral, c'est-à-dire agissant dans le même sens que le poids, a diminué sensiblement la charge nécessaire pour équilibrer l'effort du muscle abaisseur.

On pourra dire aussi que l'agent électrique dont je me suis servi peut ne pas produire dans le muscle des efforts aussi énergiques que ceux que la volonté provoque.

Admettons que ces objections soient fondées; doublons, quadruplons même la force que je viens d'assigner au muscle, et nous serons encore au-dessous des chiffres que Koster attribue à la force spécifique du muscle de l'homme. Ainsi, malgré le peu de précision de l'expérience que j'ai faite, on y peut, je crois, trouver la preuve qu'il n'existe pas dans les muscles de l'oiseau une puissance notablement plus grande que celle qu'on rencontre chez les autres animaux.

Une des particularités les plus frappantes de l'action des muscles de l'oiseau est la rapidité extrême avec laquelle la force s'engendre dans ces muscles. Parmi les différentes espèces animales sur lesquelles j'ai déterminé les caractères de l'acte musculaire, l'oiseau est celui qui m'a donné les mouvements les plus rapides.

On peut, par la myographie (voyez cette *Revue*, 1867), enregistrer la courbe du mouvement que produit un muscle, et apprécier ainsi la durée de son raccourcissement, puis celle de son retour à sa longueur primitive. Si l'on fait agir l'électricité, ou un excitant instantané quelconque, sur le nerf d'un muscle ou sur le muscle lui-même, on provoque un mouvement d'une durée très-variable, suivant l'espèce animale sur laquelle on agit. Ce mouvement, que j'ai appelé *secousse musculaire*, pour le distinguer de la contraction prolongée qui peut se produire en d'autres circonstances, dure une seconde et même plus pour les muscles de la tortue; chez l'homme, il ne dure guère plus de six ou huit centièmes de seconde, et chez l'oiseau il s'accomplit en quatre centièmes de seconde environ.

Cette rapidité est une condition indispensable du vol. En effet, l'aile qui s'abaisse ne peut trouver sur l'air un point d'appui suffisant que si elle se meut avec une grande vitesse. La résistance de l'air, au-devant d'un plan qui le refoule, croît sensiblement en raison du carré de la vitesse avec laquelle ce plan se déplace. Il ne servirait de rien à l'oiseau d'avoir des muscles énergiques, capables de produire un travail considérable, si ces muscles n'imprimaient à l'aile que des mouvements lents; leur force ne trouverait pas à s'exercer, faute de résistance, et aucun travail ne pourrait être produit. Il en est autrement des animaux terrestres qui courent ou rampent sur le sol avec une allure plus ou moins rapide, suivant la nature de leurs muscles, mais qui, en définitive, utilisent en travail leur force musculaire à cause de la parfaite résistance du point d'appui. Chez les poissons déjà, le besoin de rapidité dans les mouvements se faisait sentir; l'eau dans laquelle ils nagent résiste en raison de la vitesse avec laquelle la queue ou les nageoires la repoussent; aussi l'acte musculaire est-il bref chez les poissons, mais il l'est beaucoup moins que chez les oiseaux, qui se meuvent dans un milieu bien plus mobile encore.

Pour comprendre la production si rapide du mouvement

agner's *Handwörterbuch der Physiologie.*
e *grosse der absoluten Musskelkraft*, in Henle und Pfeufer,

ch. *néerlandaises*, 1866, p. 11.

dans les muscles de l'oiseau, il faut admettre que les actions chimiques qui ont lieu dans la substance même du muscle, et y engendrent, comme dans nos machines, la chaleur et le mouvement ; que ces actions, dis-je, naissent et se propagent plus facilement dans les muscles des oiseaux que dans toute autre espèce animale. C'est ainsi que les différentes poudres de guerre présentent des durées variables dans leur déflagration, et par suite impriment des vitesses très-différentes aux projectiles qu'elles lancent.

Permettez-moi d'insister, à ce propos, sur les phénomènes moléculaires dont les muscles sont le siége ; nous y trouverons des éclaircissements pour le sujet qui nous occupe.

Les physiologistes modernes, étendant aux êtres organisés le principe de la conservation de la force, ainsi que l'équivalence du travail mécanique et de la chaleur, admettent que dans les muscles, comme dans le foyer de nos machines, il se produit une combustion. Cette combustion ou décomposition chimique, rompant certains équilibres moléculaires, met en liberté les forces qui les retenaient et les rend sensibles sous deux formes : la chaleur et le travail mécanique, qui sont en quelque sorte complémentaires l'une de l'autre. De sorte que si un muscle excité se contracte sans soulever de poids et sans faire de travail, il s'échauffera sensiblement ; s'il est chargé d'un poids et qu'il fasse du travail, ce muscle s'échauffera moins, et cette perte de chaleur, si l'on pouvait la mesurer, devrait correspondre à l'équivalent mécanique du travail qui a été produit.

Assurément, on ne saurait évaluer exactement la chaleur que dégage un muscle vivant pendant qu'il se contracte, car la circulation du sang, suivant qu'elle y est plus ou moins active, vient y apporter en plus ou moins grande abondance la chaleur qui se produit aux différents points de l'organisme. Toutefois les expériences de Béclard, de Heidenhain, de Hirn, etc., tendent à prouver que la production de chaleur diminue lorsque la quantité du travail mécanique augmente. C'est assez pour légitimer l'admission, en physiologie, du principe de la conservation de la force, d'autant plus que ce principe est de ceux dont l'existence s'impose le plus impérieusement à la raison.

Toutefois il reste encore deux manières de comprendre la production du travail par les actions chimiques qui ont lieu dans les muscles. Ou bien l'action chimique que nous avons appelée combustion met en liberté des forces qui se traduisent immédiatement, partie en chaleur et partie en travail mécanique ; ou bien, ainsi que cela se passe dans nos machines, la chaleur se produit d'abord pour se transformer partiellement en travail. Certains faits rendent cette dernière hypothèse extrêmement probable.

On peut, en certains cas, surprendre dans un muscle la transformation de la chaleur en travail mécanique. Chargez d'un poids un muscle encore vivant, puis élevez la température du muscle, vous le verrez se raccourcir et soulever le poids ; un travail mécanique aura donc été produit aux dépens de la chaleur.

C'est un physiologiste russe, J. Chmoulevitch, qui découvrit, il y a quelques années, cette action de la chaleur sur les muscles.

Voici dans quelles conditions le phénomène se manifeste.

Lorsqu'on détache un muscle de grenouille et qu'on provoque en lui des secousses par l'électricité, tout en le soumettant à une élévation graduelle de température, on voit
que l'amplitude des mouvements qui se produisent va
jours en décroissant à partir d'un certain point, et qu'
rive un instant où le muscle ne réagit plus du tout. C'
delà de 33 degrés centigrades que se produit cette pert
ritabilité musculaire. Si l'on refroidit ensuite graduell
le muscle, on le voit peu à peu reprendre son irritabilit
s'est-il passé ?

Si l'on a soin d'enregistrer les unes à côté des autr
secousses du muscle graduellement échauffé, on voit
décroissance de leur amplitude tient à ce que le m
après s'être raccourci, ne revient plus à sa longueur no
s'il reçoit de la chaleur. Les minima des courbes s'é
de plus en plus, annonçant que le poids soulevé par c
secousse ne redescend pas complétement ; le travail ef
pendant le raccourcissement musculaire ne se défait pas
rement dans le relâchement incomplet qui le suit, et i
une certaine quantité de travail accompli dont la cause
être la pénétration de la chaleur dans le muscle. Et qu
muscle chauffé au delà de 33 degrés paraît inerte, c'es
a obtenu par l'action de la chaleur tout le raccourciss
dont il est susceptible, c'est qu'il a exécuté tout le
dont il est capable. La figure 66 montre les différentes
de ce phénomène.

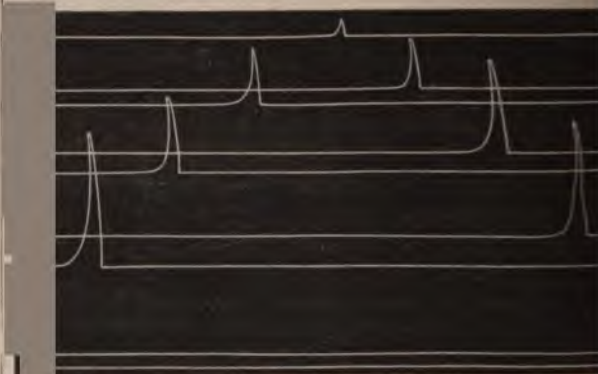


Fig. 66. — Montrant les effets de la chaleur sur le travail musculaire (la
lit de droite à gauche). La première secousse a une grande hauteur. La
est moins haute, mais cela tient en partie à ce que l'origine du trait se tr
niveau plus élevé, ainsi que le montre la ligne horizontale d'où la deuxième
se détache : cette élévation du point de départ de la secousse prouve que l
était dans un état de raccourcissement sous l'influence de la chaleur. L
effet se prononce de plus en plus jusqu'à la cinquième secousse. A ce mo
muscle est refroidi, et son retour à sa longueur primitive ramène l'ampli
secousses à leur degré normal.

Dans la période de refroidissement du muscle, l'inve
produit, la soustraction de chaleur équivalant à un t
négatif, c'est-à-dire au relâchement du muscle et à la
du poids qu'il avait soulevé.

Le caoutchouc jouit de propriétés très-analogues à
du tissu musculaire, au point de vue de la transformati
chaleur en travail mécanique. Prenez un fil de caout
non vulcanisé, chargez-le d'un poids, il s'allonge, un
négatif se produit, et conformément à la théorie méca
de la chaleur, vous pourrez percevoir un échauffemen
notable du fil. Inversement, soumettez ce fil chargé
poids à une élévation de température, et vous verrez,
Thompson, le fil se raccourcir et soulever le poids. Mai
ces conditions, la quantité de travail produite par le c
chouc est très-faible ; voici un moyen de la rendre très-
dérable.

ux ans environ, le docteur Ranvier me rendit té-
expérience suivante : il étirait longuement un fil
ouc de manière à le rendre quinze à vingt fois plus
repos, et amenait le fil à un état qu'il appelait
nt, dans lequel le caoutchouc restait allongé, même
essait d'exercer sur lui des tractions. Si alors on tou-
ndroit de ce fil avec un corps chaud, on voyait aus-
oduire en ce point un renflement considérable
le retrait subit du caoutchouc et par son retour à
t à sa longueur primitives. Placé dans le creux de
fil *énervé* s'y tordait comme un ver et reprenait
es instants sa brièveté et sa largeur primitives.
ce de M. Ranvier était facile à interpréter dans
s parties : la chaleur appliquée au caoutchouc était
nsformée en travail; mais qu'était-ce que l'état d'é-
t préalable auquel le fil devait avoir été amené pour
énomène pût avoir lieu ?

enant cette expérience, je ne tardai pas à m'aper-
la durée des tractions auxquelles je soumettais le
grand rôle dans la production de l'énervement.
ornais à étendre le fil de manière à lui donner
sa longueur et si je le relâchais aussitôt, il revenait
ent à sa forme primitive; mais si la traction se pro-
rente secondes, une minute ou plus encore, le fil,
é à lui-même, ne revenait qu'incomplétement; il
n partie *énervé* et d'autant plus complétement, que
avait été plus prolongée. Or, l'influence de la du-
actions avait une explication naturelle. Si l'on se
ue le caoutchouc étiré s'échauffe, il est naturel
que la chaleur thermométrique qui apparaît à sa
perdra peu à peu si la traction se prolonge, et s'il
chaleur pour que le caoutchouc revienne à ses di-
, il ne reviendra pas complétement s'il a perdu
e plus ou moins grande de la chaleur que l'étire-
it dégagée.

théorie est vraie, il est facile de produire un éner-
apide du caoutchouc en lui enlevant rapidement sa
ensible. C'est précisément ce qui a lieu. Étirez un fil
houc et plongez-le dans l'eau froide, vous l'en reti-
antanément énervé, figé pour ainsi dire en élonga-
dez-lui de la chaleur, il reviendra à ses dimensions
s en produisant du travail mécanique. Je ne doute
a physique ne puisse retrouver dans le travail ainsi
équivalent exact de la chaleur restituée.

oici bien loin de notre sujet, mais nous allons y re-
ec des idées nouvelles qui nous permettront une
lus complète de l'action des muscles. En effet, nous
s l'emploi du caoutchouc une sorte de *schéma* du
or, vous savez quels services on peut tirer des appa-
ématiques pour l'étude de certains phénomènes qui,
êtres vivants, se présentent avec trop de complexité.
utchouc va nous servir à comprendre la manière
fectue le travail du muscle chez les animaux en gé-
spécialement chez les oiseaux dont nous nous occu-

s deux cylindres de caoutchouc de même forme et de
oids, allongeons-les tous les deux de dix fois leur lon-
rimitive, et refroidissons-les en cet état. Si nous res-
ces deux fils la quantité de chaleur qu'ils ont perdue,
eux, en se raccourcissant, produiront le même travail
sous la même forme, c'est-à-dire qu'ils soulèveront le même
poids à la même hauteur.

Prenons maintenant deux fils de même poids, mais de sec-
tion inégale, dont l'un, par exemple, sera dix fois plus gros,
mais dix fois plus court que l'autre. Allongés chacun de dix
fois sa longueur et refroidis en cet état, ils seront encore
capables, s'ils reçoivent la chaleur perdue, de produire le
même travail; mais ce ne sera plus sous la même forme.
Le fil gros et court pourra, par exemple, soulever un poids
de 100 grammes à 1 centimètre de hauteur; le fil long et
mince sera absolument incapable de soulever le même poids,
mais si on ne le charge que de 10 grammes, il soulèvera ces
10 grammes à 10 centimètres.

Or, la mesure du travail mécanique s'obtient en multi-
pliant le poids soulevé par la hauteur à laquelle il a été
porté : ce produit sera le même dans les deux cas; il y aura
donc identité de travail au point de vue de la quantité, mais
non au point de vue de la forme sous laquelle il aura été pro-
duit.

Ainsi, pour des fils de caoutchouc qui ont subi un même
allongement proportionnellement à leur longueur et une
même soustraction de chaleur, la quantité de *travail* produit
par la restitution de cette chaleur sera proportionnelle au poids
des fils; l'*effort* ou le poids soulevé sera proportionnel à la
section de chaque fil ; enfin, le *parcours* imprimé au poids
sera proportionnel à la longueur du fil.

Tout ce qu'on sait de la fonction musculaire tend à prouver
que le travail produit par un muscle est soumis aux mêmes
lois. En effet, l'étendue du raccourcissement des muscles est
fonction de la longueur de leurs fibres, tandis que l'effort
maximum qu'ils peuvent développer est proportionnel à la
section du faisceau musculaire.

Prenons quelques exemples parmi les muscles de l'homme.
Le deltoïde, muscle gros et court, ne subit que des raccour-
cissements peu étendus, mais il développe un effort considé-
rable. Le muscle couturier au contraire, long et grêle, ne sau-
rait exécuter le même effort, mais, grâce à la position de ses
attaches osseuses, il subit des raccourcissements bien plus
grands. Ces deux muscles, si nous les supposons du même
poids, pourront exécuter le même travail, mais sous des
formes différentes, ce qui tient à la façon dont est répartie la
substance musculaire.

Si nous étudions, chez les oiseaux de différentes espèce, la
forme du muscle grand pectoral, c'est-à-dire de l'abaisseur de
l'aile, nous voyons que ce muscle présente des formes très-va-
riables. Tantôt ce muscle est long et grêle, tantôt il est court
et épais. Nous allons voir que cette disposition anatomique
correspond à une importante distinction dans le caractère
du vol.

Il suffit d'observer le vol d'un canard et celui d'une buse pour
être frappé d'une différence capitale dans les mouvements de
l'aile de ces deux oiseaux. Le canard, en volant, élève et
abaisse beaucoup ses ailes, décrivant avec chacune d'elles un
angle de plus de 90 degrés. La buse, au contraire, a les mou-
vements peu étendus; lorsqu'on l'observe de profil, c'est à
peine si l'on voit la pointe de son aile dépasser les limites de
la silhouette de son corps. Cette différence dans le type du
vol a tellement frappé les observateurs, que certains d'entre
eux ont classé les oiseaux en rameurs et en voiliers. Les pre-
miers seraient ceux qui volent en frappant l'air de leurs ailes

comme le batelier frappe l'eau avec sa rame; les seconds, livrant au souffle du vent la surface de leurs ailes comme la voile d'un navire, voleraient d'une manière en quelque sorte passive, utilisant, pour se soutenir et pour se diriger, la force du vent. Nous verrons plus loin ce qu'il y a de réel dans cette distinction; n'acceptons, pour le moment, que ce fait incontestable : à savoir, que certaines espèces d'oiseaux impriment à leurs ailes des mouvements d'une grande amplitude, et que certaines autres ne les meuvent que dans un parcours très-peu étendu.

J'ai disséqué un canard sauvage et une buse pour vous montrer la forme de leurs muscles pectoraux. Chez le canard, le grand pectoral est extrêmement long, tandis que chez la buse il est très-court; mais le muscle de la buse présente une section transversale beaucoup plus grande que celui du canard. Si nous ne considérons que la longueur relative des muscles pectoraux, nous voyons qu'elle varie dans le sens que la théorie pouvait faire prévoir : elle est plus ou moins grande, suivant l'amplitude du mouvement que l'aile de l'oiseau exécute pendant le vol.



Fig. 67. — Squelette de l'aile et sternum de la frégate. On y voit l'extrême brièveté du sternum par rapport à la grande étendue de l'aile.

Mais à quoi correspond cet inégal développement des pectoraux dans le sens de l'épaisseur? Il suppose évidemment un effort musculaire plus grand pour la buse que pour le canard; comment comprendre cet effort?

Si nous comparons les différentes espèces d'oiseaux qui ont le grand pectoral gros et court avec celles qui ont ce muscle long et mince, nous voyons que, chez les premières, la surface des ailes est très-grande, tandis qu'elle est très-faible chez les secondes. Or, on sait que la résistance de l'air contre une surface animée d'une certaine vitesse est proportionnelle à l'étendue de cette surface. Toutes choses égales d'ailleurs, une aile large aura besoin, pour se mouvoir, d'un plus grand effort qu'une aile de petite surface.

Tout concorde donc pour montrer que la différence de forme des muscles pectoraux chez les différentes espèces d'oiseaux est en rapport avec la différence de forme sous *laquelle se présente le travail exécuté par chacune d'elles.*

Deux oiseaux de même poids effectueront, en vola[...] même travail et auront vraisemblablement aussi des m[...] de même poids; mais si les masses musculaires pré[...] dans leur forme la différence que nous avons indiquée[...] verrons le travail s'effectuer de façons différentes. L'[...] aux ailes petites fera son travail en multipliant par un[...]



Fig. 68. — Squelette du flamant (d'après Alph. Milne Edwards). L'ai[...] grande et le sternum très-court.

parcours le petit effort que leur offre à vaincre la ré[...] de l'air, tandis que l'oiseau à grandes ailes travailler[...] ment en multipliant la plus grande résistance que l'[...] à son aile par un parcours d'une moindre étendue.

Mais, dira-t-on, la nature eût pu obtenir ces diff[...] formes de travail avec des muscles de forme constant[...]

les oiseaux; il lui eût suffi de donner une position varia- au point d'attache du grand pectoral sur l'humérus, au- ient dit de faire varier la longueur du bras de levier de uissance dans le même rapport que celui de la résistance. atomie comparée montre qu'il n'en est pas ainsi. Chez les ux, le grand pectoral s'attache toujours *au plus près* de culation de l'épaule; la distance absolue qui sépare cette he du centre de mouvement de l'humérus ne semble va- qu'en raison de la taille de l'oiseau, mais non suivant la ou moins grande étendue relative de ses ailes : cette der- dépend principalement de la plus ou moins grande ueur des os de l'avant-bras et des rémiges.

n'est pas absolument nécessaire de disséquer un grand bre d'oiseaux de différentes espèces pour confirmer l'exac- e de la loi que j'ai cherché à établir au sujet du rapport



FIG. 69. — Squelette d'un pingouin. L'aile est très-courte, le sternum est très-long.

a surface alaire avec la longueur du muscle grand pec- l. L'inspection du squelette fournit les éléments princi- x de cette vérification. Parcourez la galerie zoologique Muséum qui est affectée à l'exposition des squelettes d'oi- ux, et vous en sortirez convaincus de l'existence de ce port inverse entre l'étendue de l'aile et la longueur du cle grand pectoral. Voici comment l'ostéologie fournit les uments nécessaires à cette vérification (fig. 67, 68 et 69) : hez les oiseaux, le développement des os de l'aile rensei- assez exactement sur l'étendue relative que présente cet ane lorsqu'il est emplumé. Voyez la frégate avec son avant- s d'une prodigieuse longueur; comparez le squelette de membre antérieur à celui d'un canard, mieux encore n guillemot ou d'un plongeon, les proportions du squelette s révéleront au premier coup d'œil la supériorité de la gate au point de vue de l'étendue des ailes.

omparez ensuite le sternum chez ces différents oiseaux, s le trouverez large chez la frégate, mais d'une extrême brièveté. Chez le canard, le plongeon, le guillemot, le sternum, plus étroit, offre au contraire une longueur considérable. Or, le sternum est précisément l'os auquel s'attache le grand pectoral. Les gouttières latérales qui s'étendent de chaque côté de sa crête représentent en quelque sorte le moule en creux des muscles pectoraux. Vous pouvez donc, sur les squelettes des rapaces ou des échassiers, vérifier ce fait, qu'aux grandes ailes appartiennent des muscles gros et courts, et sur les canards, les cygnes et les oiseaux plongeurs, que les petites ailes possèdent des muscles plus grêles, mais plus allongés.

Ceci nous ramène aux considérations que j'émettais au commencement de cette leçon. Nous voyons maintenant comment on pourra mesurer le travail développé par un oiseau qui vole. Il faudra connaître la résistance que l'air présente à la surface de son aile, et multiplier, pour chaque coup d'aile, cette résistance par l'espace parcouru.

Encore le problème n'est-il pas aussi simple qu'on pourrait le croire d'après cet énoncé. Tout porte à croire que la vitesse de l'aile qui frappe l'air n'est point uniforme, et qu'elle a des phases croissantes et décroissantes, dans lesquelles la résistance de l'air subit les phases de cette vitesse. Connaître la nature réelle du mouvement de l'aile de l'oiseau est donc la première question qui se pose : ce sera l'objet des expériences que j'aurai prochainement à exécuter devant vous.

MAREY.

SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE PARIS

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE (1)

M. DE QUATREFAGES
de l'Institut

Rapport sur le concours pour le prix Godard en 1869

SYNOSTOSE DES OS DU CRANE CHEZ LES DIFFÉRENTES RACES HUMAINES; TRAVAUX DE M. F. POMMEROL. — L'ÉPIDÉMIE CHOLÉRIQUE DE LA GUADELOUPE (1865-1866) ET SON ACTION SUR LES DIVERSES RACES; STATISTIQUE PAR M. CH. WALTHER. — RACES, LANGUES ET CASTES DE L'INDE MÉRIDIONALE; RECHERCHES DE M. E. ROUBAUD.

Messieurs,

Toutes les sociétés savantes décernent des récompenses publiques aux hommes qui ont le plus contribué aux progrès des diverses connaissances humaines. Il en est peu, — il n'en est pas une seule peut-être, — pour qui ces solennités puissent avoir le caractère qu'aura toujours pour la Société d'anthropologie la proclamation du PRIX GODARD. C'est qu'en le décernant, elle ne saurait oublier que le donateur fut en même temps un de ses fondateurs et le martyr de notre science, dont l'avenir le préoccupait au moment même où il mourait pour elle (2). Maintenir cette récompense à une

(1) Voyez d'autres lectures faites à la même séance dans nos numéros du 17 juillet 1869, page 522 (*Les études anthropologiques depuis dix ans en Europe et en Amérique*, par M. Broca), et du 31 juillet 1869, page 546 (*Éloge de Boucher de Perthes* par M. E. Dally).

(2) Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que la Société d'anthropologie a été fondée officiellement le 19 mai 1859 par MM. Anthelme, Béclard, Bertillon, Broca, Brown-Séquard, de Castelnau, Dareste, Delasiauve, Fleury, Follin, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, Godard, Gratiolet, Grimaux de Caux, Lemercier, Martin-Magron, Rambaud, Robin,

hauteur en harmonie avec cette origine, est un devoir pour la Société d'anthropologie. Mieux vaudrait ne pas la donner que de l'attribuer à une œuvre qui n'en serait pas digne.

Le concours de cette année nous est, du reste, un nouveau gage que nous n'en serons jamais réduits à cette extrémité. Trois mémoires considérables vous ont été adressés ; en voici les titres :

1° *Recherches sur la synostose des os du crâne considérés au point de vue normal et pathologique chez les différentes races humaines*, par M. le docteur François Pommerol.

2° *Épidémie cholérique de la Guadeloupe pendant les années* 1865-1866 ; *statistique*, par M. le docteur Ch. Walther, médecin en chef de la marine.

3° *Recherches ethnologiques sur les races, langues et castes de l'Inde méridionale*, par M. E. Roubaud, médecin de la marine impériale.

Le premier de ces mémoires a été imprimé et publié depuis quelque temps. Les deux autres sont sur le point de paraître ou ont même figuré déjà en partie dans les publications de la marine. Cette circonstance a simplifié la tâche de votre rapporteur et lui a permis de s'en tenir, dans cet exposé, aux points les plus essentiels. En outre, le titre des travaux présentés par MM. Walther et Pommerol suffit pour indiquer des études qui relèvent surtout de l'anatomie, de la physiologie, de la pathologie. Quels que soient leurs mérites, sous ces divers rapports, votre Commission a pensé qu'elle devait laisser à d'autres le soin de les signaler, et ne juger ces ouvrages qu'au point de vue anthropologique.

Voilà surtout pourquoi l'examen que nous avons à vous présenter de l'œuvre de M. Pommerol sera forcément très-court. En prenant la synostose pour but de ses études, ce concurrent a abordé des questions traitées dans ces dernières années par plusieurs hommes éminents, dont il serait superflu de vous rappeler les noms. Cependant les matériaux inédits que renfermaient diverses collections de Paris lui ont permis de donner à son travail une valeur très-réelle. Personne, par exemple, n'avait eu l'occasion d'étudier la race égyptienne comme a pu le faire M. Pommerol, grâce à la collection, unique au monde, formée par M. Mariette-bey et déposée aujourd'hui au Muséum. Toutes les têtes alors préparées ont été mises à sa disposition au nombre de 200 : 57 d'entre elles ont présenté des traces plus ou moins prononcées de synostose normale; et M. Pommerol a résumé dans deux tableaux les résultats de ses recherches, qui, portant sur une des populations civilisées les plus homogènes qu'on puisse espérer d'étudier, et sur des éléments empruntés à une période d'environ quarante siècles, offrent un intérêt tout particulier.

Malheureusement, la plus grande partie de ce travail est forcément du ressort de l'anatomie ou de la physiologie proprement dites. Ainsi, dans tout le chapitre consacré à la synostose anormale, nous ne trouvons guère à signaler qu'un résultat intéressant pour l'anthropologie : c'est que les races inférieures sont plus prédisposées que les autres à l'oblitération précoce des sutures. L'exactitude de cette proposition peut être regardée comme établie pour les Nègres d'Afrique

Verneuil ; mais M. Broca avait été en réalité le promoteur de ce mouvement, et ses collègues l'ont hautement proclamé en lui offrant, le jour même de la séance publique de 1869, un témoignage solennel de leur estime et de leur gratitude. — M. Ernest Godard mourut à Jaffa, le 21 septembre 1862.

par un ensemble de témoignages déjà assez nombreux. Mais de nouvelles observations paraissent nécessaires pour qu'on puisse l'appliquer sans réserve aux autres races comprises par l'auteur dans son groupe des races inférieures.

Pour étudier la persistance de la suture médio-frontale chez les différentes races, M. Pommerol a eu à sa disposition les 510 crânes parisiens, les 116 crânes basques recueillis par notre secrétaire général et conservés dans le musée anthropologique de la Société ; les crânes égyptiens, ceux de diverses races nègres, africaines et pélasgiques appartenant au Muséum. Il a pu confirmer par des données nouvelles, reposant en général sur des nombres assez élevés, les résultats énoncés déjà par MM. Turnham, Leach, Welcker, Pruner-bey, etc. Il nous paraît désormais bien établi que la suture médio-frontale persiste beaucoup plus rarement chez les Nègres que chez les Blancs. Nous exprimerons toutefois le regret que M. Pommerol ait trop négligé de grouper les données numériques réunies, soit par ses devanciers, soit par lui-même, de manière à présenter, sous une forme statistique précise, l'état actuel de nos connaissances sur ce point. Nous regrettons encore que M. Pommerol ait négligé d'étudier au même point de vue la belle suite de têtes malaises que possède le Muséum. Elles étaient à sa disposition, comme toutes les autres, et en en tenant compte, ce concurrent aurait rendu son travail plus comparable à celui de Welcker (1).

Nous ferons les mêmes réserves relativement au chapitre dans lequel l'auteur examine l'ordre d'oblitération des sutures du crâne. Ici il s'est proposé surtout de contrôler la loi de Gratiolet. On sait que notre éminent et regretté collègue avait dit : « Chez le Blanc, le crâne se ferme d'abord en arrière ; chez le Nègre et chez l'Alfourou, il se ferme d'abord en avant. » Cette loi, d'abord assez généralement acceptée, a été contredite depuis, en ce qui concerne les races blanches, par MM. Cruveilhier et Sappey. Les recherches de M. Pommerol confirment les résultats énoncés par ces derniers observateurs. De l'ensemble de ces études, il conclut, avec raison, ce nous semble, que l'oblitération de la portion temporale de la coronale apparaît d'abord ; qu'ensuite l'ossification envahit la sagittale et s'étend de là à peu près également tant en avant qu'en arrière, toutefois avec une légère tendance à marcher plutôt dans le premier sens.

Chez les races inférieures, les résultats sont moins nets, ce qui tient en partie peut-être à l'insuffisance des matériaux. De l'examen de 17 crânes néo-calédoniens et de 5 têtes australiennes, M. Pommerol conclut néanmoins que, dans ces deux races, l'ossification débute par la sagittale et s'étend de là à peu près uniformément tant en avant qu'en arrière. Chez les Nègres africains seulement et sur une série de 15 têtes, l'auteur signale six cas favorables à loi de Gratiolet et deux qui lui sont contraires (2). Ici même l'ossification de la sagittale semble avoir marché à peu près aussi rapidement que celle de la coronale. Ainsi, la loi de Gratiolet, inexacte pour les races les plus élevées et les plus inférieures, présente, jusque chez le Nègre africain, des exceptions assez nombreuses.

En résumé, l'anthropologie proprement dite n'occupe qu'une assez faible place dans le travail de M. Pommerol ; et

(1) *Wachstund und Bau.*

(2) M. Pommerol a réuni un crâne des îles Andaman aux crânes des Nègres africains dans son appréciation. Ce rapprochement ne peut évidemment être accepté.

ant elle y trouvera des faits intéressants et des données iques importantes pour des questions qui ont occupé nent quelques-uns des anthropologistes les plus dis-.

eurs, le second travail dont nous avons à vous parler, e M. Walther, n'est, à proprement parler, que la partie que d'un ouvrage bien plus considérable destiné à faire re dans tous ses détails l'épidémie de choléra qui la Guadeloupe en 1865 et 1866. Le manuscrit présenté iété consiste en 18 tableaux et une carte. Les premiers compagnés de quelques notes dont votre Commission a é la brièveté ; la seconde comprend, indépendamment 1 de la Guadeloupe et de ses dépendances, une notice phique et géologique, des tableaux météorologiques, imé des tableaux de mortalité, et deux courbes repré- d'une manière comparative l'intensité de l'épidémie que dans les terrains volcaniques et calcaires qui se nt presque également l'aire qu'étudiait l'auteur (1).

que réuni et groupé à un point de vue essentielle- médical, cet ensemble de données et de chiffres n'en e pas moins pour la Société un intérêt très-réel. A e règne qu'elles appartiennent, les races ont leurs ca- s pathologiques aussi bien que leurs traits extérieurs tomiques propres. Or, comme les autres îles du Mexique, leloupe réunit aujourd'hui les représentants des grou- mains les plus divers. A côté des Blancs et des Noirs , l'abolition de l'esclavage a amené des Madériens, des s, des Hindous. L'immigration européenne et africaine t pas d'ailleurs arrêtée. De tous ces faits sociaux résul- véritables expériences bien faites pour attirer l'atten- s anthropologistes.

rencontrant ainsi sur un même point du globe et sur t soumis à de redoutables influences, ces races mon- comment et avec quelle intensité relative les mêmes morbides agissent sur des hommes sortis de milieux opposés ; elles jetteront certainement un jour tout u sur la grave question de l'acclimatation. A ce double e vue, le travail de M. Walther apporte déjà un cer- mbre de faits qui resteront dans la science.

n'avons pas à vous entretenir ici de la partie de ce qui intéresse surtout la statistique médicale en gé- Disons seulement qu'elle nous a paru faite avec ip de soin. Les chiffres ont été relevés dans chaque ne sur les registres de l'état civil. Ils n'ont manqué par- ent que pour la Basse-Terre, où l'intensité de l'épidé- it causé un certain nombre d'omissions portant uni- t sur les Noirs et les gens de couleur; mais M. Walther s rétablir par une discussion de l'ensemble des autres . Ces chiffres sont distribués en tableaux montrant été pour chaque commune la mortalité par sexe, par races et par catégories. En outre, ces tableaux sont en deux de manière à faire ressortir la différence de é due à l'épidémie qu'ont présentée les localités situées, les terrains volcaniques, soit sur les terrains calcaires. croyons devoir présenter quelques observations ; car la question soulevée par l'honorable concurrent touche à ces actions de milieu qui ont si justement préoccupé la Société à divers points de vue.

Il était difficile que M. Walther ne se laissât pas entraîner à mettre en relief autant que possible le contraste dont il s'agit. Presque partout, en effet, la mortalité s'est montrée considérablement plus forte sur les terrains volcaniques que sur les terrains calcaires. En somme, elle a été de 13,41 pour 100 sur les premiers, de 3,71 pour 100 seulement sur les seconds. En d'autres termes, la population a été frappée environ quatre fois plus fort sur l'une de ces deux formations géologiques que sur l'autre.

M. Walther ne tire aucune conclusion de ce fait, au moins dans la partie de son travail soumise à votre Commission. Il n'en est pas moins vrai qu'en adoptant comme base d'une discussion systématique la donnée géologique, il semble attribuer à la nature du terrain une grande valeur et peut-être une certaine influence sur le plus ou moins de développement du mal. Or, c'est là une conclusion que ne justifierait en aucune manière ce que nous savons de l'histoire du choléra, et que tendraient à combattre quelques-uns des chiffres recueillis par l'auteur. La Désirade, placée à l'est de la Grande-Terre, île calcaire et reconnue pour jouir d'un climat relativement salubre, n'en a pas moins présenté une mortalité très-supérieure à la moyenne, chez tous les Créoles blancs, Nègres ou Mulâtres (1). Évidemment, la constitution géologique du sol est dominée par d'autres conditions.

Votre Commission a regretté que M. Walther n'ait pas donné au moins quelques indications propres à jeter du jour sur les causes qui ont pu produire la coïncidence générale qui l'a frappé et les exceptions que lui-même signale.

Le tableau de la mortalité par races présente des faits intéressants, mais qui le seraient bien davantage si toutes ces races avaient compté, au moment de l'invasion du choléra, un nombre à peu près égal de représentants. Malheureusement, il n'en est pas ainsi. Les chiffres de population varient de 87 627 Nègres créoles à 111 immigrants chinois ; à côté de 9723 Blancs créoles, on ne trouve que 2779 immigrants européens ; les immigrants nègres sont au nombre de 5937, les Hindous au nombre de 9686. Toutefois ces derniers chiffres sont assez considérables pour qu'on puisse attacher une valeur réelle aux faits observés chez les populations qu'ils représentent. Il est évident qu'on ne saurait en dire autant des Chinois, et que ceux-ci ne peuvent nous fournir tout au plus que des indications.

Ces réserves faites, remarquons d'abord que la plus faible mortalité se montre précisément dans cette race si pauvrement représentée à la Guadeloupe. Là elle n'est en effet que de 2,70 pour 100. Elle grandit ensuite, et s'élève à 3,86 chez les Hindous, à 4,31 chez les Blancs, à 6,32 chez les Mulâtres ; à 9,44 chez les Nègres.

Ces chiffres méritent de nous arrêter un instant.

Bien que les Chinois, ceux surtout du littoral, ne puissent — en l'absence de tout renseignement — être considérés comme de race jaune pure, il est pourtant à présumer que ce sont eux qui se rapprochent le plus de ce type. D'autre

(1) groupe volcanique comprend la Guadeloupe proprement dite ntes ; sa population est de 65 469 habitants de toutes races. calcaire se compose de la Grande-Terre, de la Petite-Terre, irade et de Marie-Galante ; sa population est de 84 950 habi-

(1) Mortalité moyenne des Blancs créoles, 4,66 pour 100 ; à la Désirade, 11,82 pour 100. — Mortalité moyenne des métis, 6,32 pour 100 ; à la Désirade, 16,81 pour 100. — Mortalité moyenne des Nègres créoles, 9,45 pour 100 ; à la Désirade, 18,60 pour 100.

part, les Hindous dont il s'agit ici ne sont bien certainement pas — du moins pour la plupart — des Blancs aryans. Nous verrons, dans le mémoire qu'il nous reste à examiner, que cette immigration hindoue se recrute surtout parmi des tribus dravidiennes tenant de plus ou moins près aux races mongoliques.

L'immunité relative dont jouissent ces deux groupes soumis à l'influence cholérique est bien accusée. Le Blanc ne leur cède pourtant que de très-peu ; tandis que le Nègre est presque deux fois plus impressionnable que lui.

Il suit de là que dans l'épidémie de la Guadeloupe, les trois types humains fondamentaux, classés d'après leur résistance au choléra, se sont trouvés placés dans l'ordre suivant : 1° les Jaunes, 2° les Blancs, 3° les Noirs. A peine est-il nécessaire d'ajouter que votre Commission est bien loin de vouloir généraliser ces résultats d'une première et unique observation. Évidemment on devra s'assurer, par des recherches nouvelles faites sur divers points du globe et à la Guadeloupe même, si cet ordre doit être maintenu, et s'il ne tient pas en partie à des circonstances locales ou temporaires.

Les tableaux de M. Walther nous montrent clairement un autre fait plus remarquable que le précédent et réellement inattendu. Parmi ces représentants de races diverses réunis à la Guadeloupe, il en est qui appartiennent au pays, qui sont nés et ont grandi sous l'influence du milieu local. D'autres sont étrangers à cette contrée, non encore façonnés à ce milieu. Au moment de l'invasion du choléra, ces derniers avaient donc à lutter à la fois contre l'influence épidémique et contre les difficultés premières de l'acclimatation. A priori, on eût été porté à penser qu'ils devraient être plus rudement frappés que les enfants de la colonie. C'est précisément le contraire qui s'est produit. Ici les chiffres sont tellement significatifs, qu'il est impossible de ne pas accepter le résultat indiqué par eux.

La mortalité pour les Européens immigrants a été de 3,9 pour 100 seulement ; elle s'est élevée à 5,92 pour les immigrants noirs et jaunes ; elle est montée à 8,27 pour 100 chez les Créoles noirs et blancs.

Il y a plus : les races blanches et noires sont représentées à la Guadeloupe par des créoles et des immigrants. Dans les deux cas, l'avantage reste à cette dernière catégorie. La mortalité est de 3,09 pour les Blancs européens, de 4,66 pour les Blancs créoles. Chez les Nègres immigrants, elle monte à 9,34, et à 9,45 chez les Nègres créoles. Elle est par conséquent plus que triplée de l'Européen à ce dernier.

Sans doute, ici encore, de nouvelles observations sont nécessaires pour confirmer ces premiers résultats. Toutefois ils paraissent, plus que ceux dont il était question tout à l'heure, être à l'abri des causes incidentes et locales, de telle sorte que dès à présent le milieu de la Guadeloupe, — et probablement celui des autres îles du golfe mexicain, — apparaîtrait comme exerçant une double action sur les populations créoles. D'une part, il diminuerait chez elles dans une proportion considérable l'aptitude à subir l'action délétère des émanations paludéennes ; mais, d'autre part, il les rendrait sensiblement plus accessibles à l'influence cholérique.

Vous voyez, messieurs, que les tableaux de M. Walther relatifs à la question spéciale qu'il a voulu traiter avant tout, conduisent à aborder cette grave question de l'acclimatation, qui, à diverses reprises, a si justement occupé la Société. Une autre partie du même travail nous amène plus franchement encore sur ce terrain. C'est celle où l'auteur examine le mouvement de la population de la Guadeloupe et de ses dépendances pour la période décennale s'étendant de 1856 à 1865 inclus.

Des chiffres recueillis par M. Walther, il résulte que pendant ces dix années, la population a présenté en moyenne 2,82 naissances et 3,95 décès par an et par 100 habitants. Soit un excédant général annuel des décès sur les naissances représenté par 1,13.

Voilà les chiffres bruts et tels qu'on les trouve le plus souvent dans les statistiques sur lesquelles on s'appuie pour discuter des questions analogues à celle dont il s'agit ici. Certes, à les prendre en eux-mêmes, ils seraient désolants, et la conséquence à en tirer serait évidemment que, sans le secours de l'immigration, la Guadeloupe serait dépeuplée au bout d'un laps de temps facile à calculer.

Heureusement les tableaux de M. Walther fournissent certains éléments de discussion que nous indiquerons rapidement, et qui conduisent à considérer cette question sous un jour tout autre.

Remarquons d'abord que la période décennale qui a fourni les chiffres précédents comprend l'année 1865, pendant laquelle le choléra a sévi. Et pourtant, malgré l'accroissement de mortalité résultant de l'épidémie, 7 communes sur 31, réparties sur divers points du territoire, ont donné sur les décès un excédant de 1093 naissances. Ces communes présentent donc sur cette terre dévorante comme des oasis où la vie lutte avec avantage contre toutes les causes de mort.

Mais il est évident que la mortalité épidémique, s'ajoutant à la mortalité ordinaire et pesant sur la moyenne des décès, devait exagérer cette moyenne. C'est ce qu'a parfaitement compris M. Walther. Dans un tableau fort instructif à divers points de vue, il a fait le départ de ces deux éléments. La mortalité annuelle moyenne se trouve alors réduite à 3,28 pour 100 habitants, et l'excédant annuel moyen des décès sur les naissances n'est plus que de 0,46.

Sans doute c'est beaucoup trop encore, et, à ne prendre que ce chiffre total, il faudrait bien conclure que pour être moins prochaine qu'on n'eût pu le penser d'abord, l'extinction de la population qui nous occupe n'en arriverait pas moins fatalement, si l'immigration ne venait sans cesse combler les vides. Mais le tableau de M. Walther nous garde d'autres enseignements.

En faisant abstraction de la mortalité épidémique, on voit grandir dans une proportion inattendue le nombre des localités privilégiées où le chiffre des naissances l'emporte sur celui des décès. Sur les 31 communes composant l'aire étudiée par l'auteur, 15 rentrent dans cette catégorie ; l'excédant des décès est dû tout entier à la mortalité qui règne dans les 16 restantes.

En présence de ce fait, en présence de ceux de même nature recueillis en Algérie par notre regretté collègue M. Boudin (1), il faut bien reconnaître que lorsqu'il s'agit d'une contrée quelque peu étendue, le problème de l'acclimatation n'est pas à beaucoup près aussi simple qu'on l'admet d'ordinaire, et qu'il se décompose en une foule de problèmes particuliers. En présence des chiffres de M. Walther, à peine est-il permis de parler d'un *acclimatement à la Guadeloupe* : il serait plus

(1) *Traité de géographie et de statistique médicales*, t. II, p. 184 à 188.

exact de parler des *divers acclimatements à la Basse-Terre, à la Pointe-à-Pitre, à Deshayes, à Pointe-Noire...*

La petite île de Marie-Galante elle-même justifie cette conclusion. Sur les trois communes qui la composent, deux accusent un excédant de naissance et la troisième un excédant de décès (1).

Les détails dans lesquels est entré M. Walther précisent donc la signification des chiffres généraux. Il est d'autres données, — qu'on ne peut le blâmer d'avoir négligées, car elles n'avaient qu'un rapport indirect avec le but essentiel de son travail, — mais qu'il serait tout aussi nécessaire de recueillir pour éclairer le problème abordé par l'auteur d'une manière incidente. Il faudrait partager la population par catégories, comme l'aire habitée a été divisée en localités. Évidemment lorsque l'on confond ensemble les Créoles et les immigrants dans une appréciation commune, on réunit des éléments au fond très-différents. La mortalité cholérique vient d'en fournir une preuve.

Il est à regretter que M. Walther n'ait pas étendu au mouvement général de la population la distinction qu'il a si justement faite dans son travail nosographique. Peut-être serait-il ressorti de cette étude que l'excédant des décès est dû tout autant à certaines catégories d'individus qu'à certaines localités (2). Peut-être la supériorité de quelques-unes de celles-ci, l'infériorité de certaines autres, auraient-elles trouvé en partie leur explication dans des considérations du même ordre. En tout cas, la comparaison des immigrants avec les Créoles de même race, au point de vue de la mortalité, aurait pour les questions soit spéciales, soit générales, qui touchent à l'*acclimatation*, un intérêt du premier ordre.

Nous possédons encore si peu de renseignements précis sur l'aptitude relative des races humaines à s'acclimater dans un lieu déterminé, qu'il est utile de recueillir les moindres données sur ce sujet. M. Walther a eu la bonne pensée de placer à la fin de son travail, et à titre d'appendice, un dernier tableau représentant le mouvement de l'immigration destinée à suppléer les esclaves affranchis. Les travailleurs étrangers amenés ainsi librement à la Guadeloupe appartiennent aux races nègre, hindoue, chinoise et madérienne. L'auteur nous donne pour chacune d'elles le chiffre de la mortalité annuelle. Malheureusement ses calculs portent ici sur des nombres d'individus parfois trop faibles (*Madériens, Chinois*). En outre, les périodes qu'ils embrassent varient de six à douze ans. Les résultats ne sont donc pas réellement comparables, et nous ne pouvons les regarder que comme des indications intéressantes.

La race qui a payé le plus rude tribut au milieu qu'elle est venue affronter, est précisément cette race chinoise que nous avons vue résister si bien au choléra. Sa mortalité annuelle moyenne a été de 9,66 pour 100 pour une période de huit années. Celle des Nègres a été de 7,68 pour une période de dix ans ; celle des Hindous, de 7,12 pour une période de douze ans ; enfin celle des Madériens, de 5,80 seulement pour une période de six ans.

Aux réserves que nous venons de faire, nous devons ajouter que ces nombres diffèrent d'une manière assez notable de ceux que nous devons à M. du Hailly, surtout en ce qui touche la race nègre. En effet, cet éminent officier de marine a trouvé que la mortalité des immigrants nègres a été à la Martinique de 10,5 pour 100, tandis qu'elle descendait à 5,8 chez les Chinois et à 5,1 chez les Hindous (1). On voit, en outre, que l'ordre dans lequel les Nègres, les Hindous, les Chinois, sont placés à la Guadeloupe, en vertu de leur résistance, est en partie interverti à la Martinique. Ces différences tiennent-elles aux causes indiquées plus haut? Sont-elles la conséquence des conditions d'existence diverses que présenteraient nos deux colonies? On ne saurait encore répondre à ces questions, et votre Commission se borne à les signaler aux hommes d'étude placés dans des conditions favorables.

En résumé, le travail de M. Walther, entrepris à un point de vue tout médical, n'en renferme pas moins des renseignements importants pour l'anthropologie, en ce sens, surtout, qu'ils fournissent aux travailleurs à venir des indications utiles sur des questions délicates et qu'on a rarement l'occasion d'étudier. A ce titre, il était certainement très-digne d'être présenté à la Société et de figurer au concours actuel.

Messieurs, dans les deux mémoires dont nous vous avons entretenus jusqu'ici, l'anthropologie, il faut bien le dire, ne joue qu'un rôle accessoire. Elle y est subordonnée, soit à l'anatomie, soit à la médecine. Il en est autrement du dernier ouvrage dont il nous reste à parler.

Celui-ci est exclusivement anthropologique. M. Roubaud, chargé en 1857 et 1858 de conduire aux Antilles deux convois d'émigrants recrutés presque exclusivement dans les provinces méridionales de la péninsule hindoue, s'est donné pour tâche d'étudier à tous les points de vue les individus confiés à ses soins.

Mettant à profit ses séjours à terre et les loisirs de deux longues traversées, il a déterminé leur race, leur nationalité, leur caste ; il a décrit avec détail, et en suivant scrupuleusement les instructions publiées par vous, les caractères physiques d'un certain nombre d'entre eux ; il a tracé le tableau des mœurs et comparé les langues des populations représentées dans les convois. Vous comprendrez aisément, messieurs, que le mémoire dont je viens de tracer le cadre ait attiré d'une manière spéciale l'attention de votre Commission, tant à cause de la manière dont l'auteur avait compris son travail qu'à raison du sujet lui-même.

En effet, les populations dont il s'agit méritent au plus haut degré l'intérêt des anthropologistes. Elles appartiennent à ce groupe, désigné souvent sous le nom de *Dravidien*, dont les innombrables tribus relient l'un à l'autre, par les nuances presque insensibles, les trois grands types de l'humanité, mais où dominent néanmoins d'ordinaire les caractères des races jaunes et noires.

Pour expliquer ce fait remarquable, M. Roubaud adopte sous toutes réserves une hypothèse déjà émise, entre autres, par M. Alfred Maury. L'Inde entière aurait été occupée primitivement par ces peuples à la peau noire, aux lèvres épaisses, aux cheveux frisés ou crépus. A ces noirs Moundas seraient venus se mêler, à une époque inconnue, les Dravidahs de race jaune, descendus du plateau central. Enfin la conquête aryane au-

(1) Marie-Galante n'a que 17 kilomètres de long sur 15 de large.

(2) L'opinion personnelle du rapporteur, et qu'il a déjà exprimée ailleurs (*Rapport sur les progrès de l'anthropologie*), est qu'il en est bien ainsi : si l'immigration entretient la population, elle entretient aussi la mortalité.

(1) *Les Antilles françaises en* 1863 (*Revue des deux mondes*, 1863, t. VI). M. du Hailly ajoute que les registres de l'état civil sont mieux tenus à la Martinique qu'à la Guadeloupe, et M. Simonot a confirmé ce fait.

rait ajouté des éléments blancs à ce premier mélange. Ce dernier événement est attesté par tout ce que nous savons de l'histoire des peuples brahmaniques.

L'ensemble des caractères physiques et des affinités linguistiques résumées par M. Maury dans l'excellent petit volume que vous connaissez tous, concorde pour faire regarder comme très-probable que les choses se sont passées antérieurement comme nous venons de le dire. En tous cas, si les Dravidiens ne sont pas une *race métisse*, ils sont incontestablement une *race mixte ;* et bien peu de populations mettent aussi clairement en évidence la continuité du réseau formé par l'ensemble des groupes humains.

De là même résulte, pour celui qui veut faire connaître ces populations, une difficulté réelle, et dont on trouve trop aisément la preuve dans la plupart des descriptions qu'ont données divers voyageurs anglais. Pour se faire une idée nette, au moins des types dominants produits par le mélange des sangs ou les actions de milieu, il fallait avoir étudié d'une manière méthodique et détaillée un certain nombre d'individus choisis.

Les faits précis ainsi constatés pouvaient seuls permettre de grouper les impressions forcément un peu vagues d'un examen général, même attentif et prolongé. Voilà certainement pourquoi les descriptions de M. Roubaud se distinguent de toutes leurs devancières par leur clarté, par leur cachet d'exactitude.

L'auteur en met d'ailleurs les éléments sous nos yeux dans un tableau détaillé dont le cadre est emprunté à nos *Instructions générales*. Dix-huit individus y figurent, savoir : neuf Dravidahs, trois Toulkous descendants des conquérants mongols arrivés dans l'Inde aux temps modernes, et six Moundas. Deux autres tableaux reproduisent, en regard les unes des autres, les moyennes d'abord obtenues. Dans le premier, les mesures sont exprimées en nombres absolus ; dans le second, elles sont représentées en millièmes de la taille pris pour unité. C'est là une innovation heureuse.

Les résultats deviennent ainsi facilement comparables, et l'on saisit d'un coup d'œil les rapports existant, soit de race à race, soit d'une région du corps à l'autre dans la même race, dans le même individu. Il est donc à désirer que l'exemple donné par M. Roubaud soit désormais suivi.

Vous comprenez, messieurs, que nous ne pouvons suivre l'auteur dans le détail de ces tableaux. Mais vous entendrez, pensons-nous, avec l'intérêt qu'elles méritent les descriptions qui en résument les principaux traits.

« Le Dravidah, dit M. Roubaud, est de taille moyenne, plutôt petite que grande ($1^m,64$ pour les hommes, $1^m,56$ pour les femmes). Il est d'un embonpoint médiocre, sans aucune tendance à l'obésité ; son poids varie de 58 à 60 kilogrammes.

» La peau offre, tant sur les parties couvertes que sur les parties nues, une coloration analogue à celle du chocolat ou du café brûlé, coloration représentée exactement par les n°s 28 et 43 du tableau chromatique annexé aux *Instructions* adoptées par la Société d'anthropologie de Paris.

» Les cheveux, en général assez abondants, noirs (n° 49), lisses et rudes, n'acquièrent jamais une très-grande longueur. Leur implantation sur le cuir chevelu est uniforme. Leur insertion sur le front se fait selon une ligne deux fois brisée. Les poils, la barbe, sont peu développés et présentent la même coloration que les cheveux (n° 49).

» La tête est ovalaire dans le sens antéro-postérieur (indice céphalique 0,758), et présente sa portion la plus rétrécie au niveau de la région frontale. La partie postérieure, plus développée, présente une largeur uniforme jusqu'au niveau de l'arcade zygomatique. Le front est médiocrement découvert et un peu fuyant en arrière.

» Le contour de la face se rapproche, soit du losange, par le grand développement des pommettes, soit du disque, par l'élargissement transversal du menton.

» Les yeux, de grandeur ordinaire, sont sensiblement obliques. La couleur de l'iris varie du brun foncé au brun très-foncé (n°s 1-2). Les arcades sourcilières sont peu prononcées. Les oreilles, larges et plates, sont détachées de la tête et dirigées en avant. Le nez, assez volumineux, est droit et un peu écrasé à la racine. Les narines sont presque circulaires. La bouche, assez grandement fendue, montre des dents incisives larges et verticalement dirigées. Les lèvres, un peu épaisses, sont légèrement renversées en dehors.

» L'angle facial mesure 79° 1/2. Le prognathisme est de 10 millimètres environ. Le cou est assez épais et paraît moins long que chez l'Européen. La poitrine est bombée, la taille bien prise, le système musculaire médiocrement développé, surtout aux membres inférieurs. Les pieds et les mains sont d'une remarquable petitesse. »

L'auteur a indiqué les modifications secondaires du type dravidah pour trois de ses principales divisions, chez les peuples Tamij, Télougou et Kanadah. Nous ne le suivrons pas sur ce terrain, mais nous reproduirons sa description du type mounda. M. Roubaud fait d'ailleurs observer qu'on ne connaît probablement pas celui-ci à l'état de pureté, et qu'il n'existe peut-être exempt de mélange que dans les régions centrales et encore inexplorées de la péninsule.

« Chez le Pouleyehr d'origine mounda, dit-il, la taille est plus petite ($1^m,61$), l'embonpoint plus faible (56 kilogrammes) que chez le Dravidah. La peau est presque noire (n°s 41 et 42), et cette coloration est sensiblement la même sur les parties nues et sur les points habituellement couverts. Les cheveux, noirs aussi (n° 49), sont tantôt lisses et roides, tantôt frisés et même crépus. Leur implantation sur le cuir chevelu est uniforme ; leur implantation sur le front se fait, non plus sur une ligne brisée, mais selon une courbe presque circulaire. Les poils et la barbe, de même couleur que les cheveux (n° 49), sont très-peu développés. Chez beaucoup de sujets, la peau est tout à fait glabre.

» La tête, de forme ovalaire (indice céphalique 0,756), est très-rétrécie à la région frontale. La région postérieure présente un diamètre transversal considérable et un diamètre antéro-postérieur (projection crânienne postérieure) extrêmement petit. Le conduit auditif se trouve fortement rejeté en arrière. Le front est bas et fuyant. L'œil, assez petit, est horizontal ou ne présente qu'une très-faible obliquité. L'iris est d'un brun très-foncé (n° 1 et quelquefois n° 2). Le nez est gros et épaté ; la bouche est largement fendue. Les dents incisives sont verticales ; les lèvres épaisses, charnues et fortement renversées en dehors.

» La face est large et plate, les pommettes saillantes. L'angle facial (79°) et le prognathisme (10 millimètres) diffèrent à peine dans les deux races Dravidah et Mounda.

» Les épaules sont moins larges, la poitrine est moins développée que chez les Telougou (Dravidah). Les membres sont plus grêles, les bras et la cuisse plus courts, l'avant-bras et la

plus longs, les mains et les pieds plus larges, le pénis éveloppé.

Toulkou — que son origine mongolique récente et onnue peut faire prendre pour terme de comparaison généralement petit et trapu (1m,62). La peau, de beau- lus claire que celle des deux races précédentes, est lanc jaunâtre plus ou moins foncé (nos 30 et 43). Les ıx sont noirs (n° 49) et assez abondants, lisses et roides, antation uniforme, à insertion angulaire. Les poils et e, de même couleur que les cheveux, sont beaucoup veloppés que chez les Dravidahs et surtout les Moundas. tête, moins allongée dans le sens antéro-postérieur céphalique 0,776), se rapproche de la forme globu- t présente un plus grand développement de sa partie eure; le conduit auditif se trouve ainsi reporté beau- lus en avant. Le front est plus haut et plus droit. La rge en haut par le grand écartement des pommettes out des apophyses orbitaires externes, rétrécie en bas au du menton, présente la forme d'un triangle. L'an- ial (81°) est plus ouvert que celui des deux races pré- s. Le prognathisme n'est que de 7 millimètres. L'œil it et oblique; l'iris est brun foncé (n° 2). Le nez, de ordinaire, est légèrement écrasé à sa racine. Les ont assez petites et légèrement renversées.

poitrine est plus large et moins bombée que chez les hr. Le bassin est plus étroit. Les membres sont plus les extrémités plus fines. »

oubaud ne donne pas de détails sur les Aryas qui sont se mêler, en nombre assez faible sans doute, mais insignifiant peut-être qu'il ne paraît le penser, aux éjà existantes dans la région dravidienne. Il se borne ire une courte caractéristique insérée par M. Hodgson s *Mémoires de la Société asiatique du Bengale*. A raison rièveté même, celle-ci ne nous apprend rien de nou- t il est à regretter que M. Roubaud n'ait pas eu l'oc- l'appliquer ses procédés d'étude comparative à quel- eprésentants de ce type qui nous intéresse à tant s.

ne regrettons pas moins que M. Roubaud n'ait pu ler sa galerie de types dravidiens, en nous donnant au quelques indications précises sur ces races à teint tan- (Orissa), tantôt brun seulement (Nilgherries), dont la teint jusqu'à six pieds anglais (1m,72), avec des pro- athlétiques, et dont les traits disgracieux ou remar- par leur beauté ont frappé divers voyageurs an- . Mais on ne saurait faire un reproche de ces lacunes auteur. Il n'a pas eu la prétention de décrire toutes lations comprises sous la vague appellation de *Dravi-* t nous devons lui savoir gré d'avoir bien fait connaître u'il avait sous la main et sous les yeux.

eurs, nous avons insisté quelque peu sur la partie du le M. Roubaud relative aux caractères physiques des nt il s'agit. Nous glisserons plus rapidement sur les au- pitres. Celui que l'auteur consacre à la linguistique sans doute mérité de nous arrêter plus longtemps. faut bien le dire, aucun des membres de la commis- urait pu aborder ce terrain en connaissance de cause; e qu'ils ont pu faire se réduit à comparer sommaire- ment les résultats admis par notre auteur avec ceux qu'ont fait connaître quelques-uns des hommes les plus autorisés en pareille matière.

Nous ne dirons rien du tableau reproduisant les noms de nombre, depuis un jusqu'à cent, en seize idiomes sanscrits, huit dravidiens et trois moundas. Cette part du travail ne peut être jugée que par les linguistes de profession. Mais nous croyons pouvoir faire quelques remarques sur le tableau intitulé *Classification généalogique des langues de l'Inde* et sur le texte qui l'accompagne.

Pour cette partie de son mémoire, M. Roubaud a joint à ses recherches personnelles le résultat des études linguistiques publiées par les Anglais dans les revues de Calcutta, de Bombay, de Madras.

Nous admettons donc volontiers que ses conclusions représentent les derniers progrès réalisés relativement aux questions qu'il aborde. Cela même peut rendre compte d'un certain nombre de différences qui distinguent son tableau de ceux qu'on pourrait tracer en traduisant sous cette forme les écrits de Latham (1) et de M. Maury (2); mais on trouverait aussi de nombreuses ressemblances, et ce sont elles surtout que nous tenons à signaler.

Rappelons d'abord que toutes les langues dravidienne appartiennent au type linguistique fondamental caractérisé par l'agglutination. Elles n'ont donc rien de commun avec les divers dialectes aryans, plus ou moins rapprochés du sanscrit et de ses dérivés. M. Roubaud admet naturellement cette séparation. En outre, il distingue très-nettement les langages parlés par ses Dravidahs d'une part, par ses Moundas de l'autre. D'une manière générale, on peut dire qu'il s'accorde sur ce point avec ses deux prédécesseurs, et nous pouvons regarder cette distinction comme justement fondée. Nous constatons donc ici une fois de plus, au milieu de ces populations entremêlées, le remarquable accord que présentent d'ordinaire dans leurs résultats l'examen des caractères physiques et les études linguistiques.

M. Roubaud place le brahoui (bravhi) parmi les langues dravidiennes. Sans aller aussi loin, Latham avait fortement insisté sur les analogies qui relient cet idiome du Béloutchistan avec les langages parlés au sud de la presqu'île hindoue. Notre auteur ajoute que ce fait semble devoir faire attribuer à la race mongolique avant la conquête aryane une extension bien plus grande qu'on ne le croyait naguère. Guidé par cet accord que nous venons de rappeler, un des membres de votre Commission était arrivé depuis longtemps à cette conclusion. Nous savons en effet, par le témoignage de divers voyageurs, que les Brahouis se distinguent des autres populations du Béloutchistan par une taille moins élevée, mais robuste, par des traits essentiellement mongoliques ou thibétains et nullement aryans ou sémites. Tout donc nous autorise à voir en eux les frères des Dravidahs, et bien probablement un témoin de ces populations que les Aryas confondaient sous le nom légendaire de Rakchassas. Cela même, comme votre collègue a déjà essayé de l'indiquer, jette peut-être quelque jour sur certaines traditions iraniennes et sur quelques faits anthropologiques signalés en Perse par Elphinstone.

Puisque M. Roubaud suivait les populations et les langues dravidiennes au delà de ce qu'on pourrait appeler leur terri-

ber, Sterling Hough... etc., cités par Prichard.

(1) *Elements of comparative Philology*.
(2) *La Terre et l'Homme*, 2e édition.

toire propre, il aurait pu appeler l'attention sur un fait bien plus curieux encore que le précédent. Après les témoignages si formels et si concordants de MM. Maury et Latham, on ne peut guère douter que la langue australienne, fondamentalement la même, malgré de grandes différences de dialectes, ne présente avec les langues du sud de la presqu'île gangétique des rapports nombreux et étroits. L'éminent linguiste français les range même sans hésiter dans une seule et même famille. « Les langues dravidiennes, dit-il, paraissent s'être greffées sur des langues plus anciennes. » Telle est aussi la pensée qu'exprime à diverses reprises M. Roubaud, au sujet surtout des langues mounda. M. Maury ajoute : « On découvre dans les premières (les langues dravidiennes) les traces d'un système grammatical dont l'organisme complet nous est fourni par les idiomes australiens. » La linguistique met donc ici sur la voie d'un rapprochement ethnologique entre ces populations aujourd'hui si éloignées. Plaçons à côté de ces faits le témoignage de Pickering, à qui certains habitants de l'Inde semblent avoir si franchement rappelé les Australiens qu'il venait d'observer, et peut-être est-il permis de penser que le moment n'est pas éloigné où la parenté des Moundas et des Australiens sera aussi clairement démontrée que celle des Dravidahs et des Brahouis.

Après avoir exposé les caractères physiques des races qu'il étudie, après avoir sommairement examiné les questions de linguistique qu'elles soulèvent, M. Roubaud s'occupe de leurs croyances, de leurs mœurs, de leurs costumes, de leur genre de vie. A ces divers points de vue, l'Inde présente une variété et des différences tranchées qu'on ne retrouve nulle part au même degré. La *caste*, cette étrange invention du génie dominateur des brâhmanes, divise les populations bien autrement que les *classes* résultant du développement social ou même de la conquête. Elle impose à chaque groupe circonscrit par elle une homogénéité fondamentale, en même temps qu'elle tend à l'isoler des groupes voisins; si bien qu'une nation brahmanique semble se composer d'autant de nations distinctes qu'elle compte de castes, et que la durée de ces sociétés serait inexplicable, si l'on ne tenait compte de la puissante idée religieuse qui, depuis trente siècles, en relie tous les éléments.

On sait que les lois de Manou mentionnent seulement quatre castes, issues de la bouche, du bras, de la cuisse et du pied de Brahma. Des prêtres (brâhmanahs), des chefs temporels et des guerriers (kchatryas), une espèce de bourgeoisie agricole, commerçante et industrielle (vaysias), des serviteurs (soudras), pour les trois classes deux fois nées (dwidjas), telles furent les distinctions qui parurent d'abord suffisantes aux descendants des Aryans védiques (1). Mais un pareil principe, une fois posé, ne pouvait que se développer, et l'on sait combien se sont multipliées même dans la vallée du Gange les castes secondaires.

Dans l'Inde méridionale, conquise au brahmanisme bien plus par la parole que par l'épée, l'ensemble des populations dravidahs fut d'abord déclaré devoir être considéré comme

Soudra. Les Moundas restèrent en dehors de l'organisat
religieuse, et, sous le nom de Pouleyehr, représentèrent ici
Parias du nord. Au-dessus des deux groupes précédents
placeront quelques rares Kchatryas, que les événements p
tiques amenèrent jusque sur le trône, et un certain nom
de brahmanes, descendants ou successeurs des prem
missionnaires. Mais le fractionnement de ces divisions pri
tives était inévitable ici comme dans le nord. A en juger
les tableaux de M. Roubaud, il a été porté tout aussi l
Notre auteur compte en effet 3 castes chez les Aryas;
chez les Pouleyehr et 53 chez les Dravidahs.

M. Roubaud examine l'une après l'autre chacune de
castes. Il précise la secte religieuse dont elle fait partie,
signes sacrés, les différences de costume qui la dis
guent; il fait connaître le genre de vie et la profession
ses membres; en parlant des diverses industries, il en in
que rapidement les procédés, et énumère, au moins en
désignant par le nom local, dont il donne aussi la traducti
les instruments, les outils employés dans chacune d'elles,
espèces végétales qui fournissent la matière première.
comprend que nous ne pouvons suivre notre auteur dans
mille détails que renferme ce chapitre; mais on compr
aussi le très-grand intérêt qu'il présente pour quicon
cherche à se rendre un compte exact de l'organisation et
la vie sociale de ces peuples.

Messieurs, si nous ne sommes pas restés trop au-dessous
notre tâche, vous avez dû comprendre que, cette année
core, la pensée d'Ernest Godard a porté ses fruits. Des tr
mémoires soumis à votre jugement, les deux derniers surto
aideront certainement aux progrès de la science pour laque
notre regretté collègue a joué et perdu la vie. Dans ce co
cours, des faits anatomiques qui nous touchent de près, et do
quelques-uns pouvaient encore être regardés comme contr
versables, ont été confirmés; des questions d'anthropolog
générale délicates ont été sinon résolues, du moins éclairé
par l'acquisition de données nouvelles; les deux élémen
principaux d'une population des plus mélangées ont été ne
tement caractérisés, et chacun d'eux étudié sous quelque
uns de ses principaux aspects d'après les règles tracées p
vous-mêmes.

Nous devons donc des éloges aux trois concurrents. Tout
fois le travail de M. Roubaud, essentiellement anthropol
gique et aboutissant à un résultat précis, nous a paru pr
senter, même sur celui de M. Walther, une supériori
marquée. En conséquence, et à l'unanimité, votre Commissi
a décerné le prix Godard pour 1869 à M. Roubaud, pour s
Recherches ethnologiques sur les races, les langues et les cast
de l'Inde méridionale.

A. DE QUATREFAGES,

Professeur au Muséum d'histoire naturelle de l'a

(1) On sait qu'au temps de la rédaction des Védas la distinction en castes paraît avoir été inconnue. Cette rédaction aurait eu lieu vers le XIVe siècle avant notre ère, selon Colebrocke, dont M. Roubaud adopte la date. Les nombres adoptés par M. Vivien de Saint-Martin pour l'apparition des Aryans (XVe-XVIIIe siècles avant notre ère) reculeraient peut-être quelque peu cette date. Les lois de Manou paraissent avoir été rédigées, selon M. Roubaud, vers le XIIe siècle avant notre ère.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XVII

curare considéré comme moyen contentif physiologique (suite).

e de *moyen contentif physiologique* s'applique parfai-
u curare, car ce poison est simplement contentif, sans
pour cela les propriétés anesthésiques. Un agent
ique comme le chloroforme supprime la sensibilité,
nséquent la possibilité de percevoir la douleur; le
u contraire ne rend que le mouvement impossible,
'empêche pas l'animal de souffrir et de percevoir la

minant le mode d'administration du curare, nous
ntré qu'on ne peut pas compter sur l'absorption in-
, si ce n'est chez certains animaux. Encore, même
cas exceptionnels, reste-t-elle toujours fort incertaine
t-elle de très-fortes doses. Il faut donc administrer le
n injection sous-cutanée.
ut aussi l'injecter directement dans une veine. C'est
s-bon procédé, parce qu'il met rapidement le poison
ct avec les éléments sur lesquels il doit agir. On pro-
i des effets très-prompts, la dose administrée entrant
ière à la fois dans le courant circulatoire; mais, par
l'élimination se fait aussi plus vite, puisque les orga-
inatoires agissent immédiatement sur la dose totale,
ite l'effet produit persiste moins longtemps. Au con-
uand on l'injecte sous la peau, l'absorption est pro-
et l'élimination aussi, de sorte que les effets, plus
e manifester et moins énergiques, durent plus long-

vons insisté, dans la dernière leçon, sur les varia-
nergie toxique que peuvent présenter les différents
Cependant ceux qui proviennent de Para sont géné-
t assez comparables entre eux à ce point de vue. D'ail-
mme il faut relativement une petite quantité de ce
our chaque expérience, on se sert longtemps du
ot, et l'on dose alors ce curare particulier, de telle
e toutes les expériences faites avec lui sont compara-
e elles. On peut doser, soit en dissolution alcoolique,
issolution aqueuse; mais la dissolution aqueuse suffit
t plus simple.
erché à déterminer d'une manière aussi approchée
ible les limites de la dose toxique pour chaque ani-
ortionnellement à son poids. J'ai trouvé que c'est
1 milligramme par kilogramme; mais c'est là une
ation purement approximative, car il ne faut pas se
r que les animaux diffèrent beaucoup les uns des
us ce rapport. Ce qui importe, c'est la proportion
le curare contenue dans le sang. Il faudrait par con-
d'abord connaître la quantité de sang que possède
nimal, et l'on pourrait peut-être alors établir une détermination infiniment plus exacte. Ainsi, les animaux de petite taille ont proportionnellement plus de sang que les plus gros, et l'on verrait aussi qu'ils exigent des doses relativement plus élevées de curare.

Voici, par exemple, un chien qui pèse 7 kilogrammes; nous lui avons injecté la même proportion que chez le lapin, 7 milligrammes de curare sous la peau de la patte. Vous voyez qu'il est pris des effets du curare et qu'on ne peut même pas arrêter ces effets en pratiquant la ligature de la patte. On est obligé de recourir à la respiration artificielle pour maintenir l'animal vivant. Ce qui prouve que cette dose de 1 milligramme par kilo, qui, chez un lapin de 2 kilos, ne produit pas la mort, c'est-à-dire la paralysie complète, la détermine au contraire sur un chien qui est environ trois fois plus grand.

Il est du reste assez difficile de mesurer exactement des doses qui permettent de ne pas employer la respiration artificielle. En effet, de deux choses l'une : ou la dose est trop faible, on n'obtient pas assez d'action, et l'animal n'est pas bien maintenu; ou bien on augmente la dose pour produire une action suffisante, et alors la dose est presque toujours trop forte. Ce serait donc se donner beaucoup de peine que de vouloir se maintenir entre ces deux limites fort voisines. Avec la respiration artificielle, ces embarras n'existent plus, et l'on peut élever la dose sans crainte, puisqu'on est toujours sûr d'avoir le moyen d'en combattre les effets.

On se demandera peut-être pourquoi nous ne recourons pas au même moyen pour arrêter les effets mortels des autres poisons. C'est que l'utilité de la respiration artificielle est liée ici à la nature propre de l'action du curare. Ce poison tue en arrêtant les mouvements respiratoires; mais il n'empêche pas le cœur de continuer à battre, et par suite le sang de circuler encore pendant un certain temps. Il faut donc entretenir artificiellement les mouvements respiratoires, puisque l'arrêt de ces mouvements est le point de départ et la cause de tout ce qui suit. On arrête ainsi la marche des phénomènes mortels.

Avec d'autres poisons, au contraire, le mécanisme de la mort est tout différent. Ainsi, sous l'influence du chloroforme, le premier fait qui sert de point de départ aux phénomènes toxiques, c'est l'arrêt du cœur. A quoi servirait-il donc d'entretenir les mouvements respiratoires, dont le but est de permettre l'hématose successive du sang dans les poumons, puisque le sang n'est plus lancé dans cet organe par le cœur ?

Lorsqu'il s'agit du curare, comment la respiration artificielle peut-elle empêcher l'animal de mourir et finir par le sauver définitivement? Le voici. La respiration artificielle entretient les mouvements respiratoires, et comme le cœur est encore intact, le sang, toujours lancé dans les poumons, continue à y circuler et à s'y hématoser. Le poison circule avec lui, et il est porté ainsi aux organes éliminatoires qui l'expulsent progressivement de l'organisme. Tant qu'il n'est pas complétement éliminé, l'animal reste néanmoins sous son influence, c'est-à-dire privé de mouvement; mais il ne meurt pas, parce que cette influence n'est de nature à produire la mort que par l'arrêt des mouvements respiratoires qui sont suppléés par la respiration artificielle. Quand tout le curare a pu être expulsé ainsi, l'animal est définitivement sauvé; il revient à son état normal, recouvre les mouvements qu'il avait perdus, et il respire sans l'aide du soufflet.

La principale voie d'élimination pour le curare est la sé-

z ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, , 392, 446, 504, 541 et 573, 16 et 30 janvier, 6 et 27 fé- mars, 10, 17 et 24 avril, 1er, 15, 22 mai, 12 juin, 10, et 7 août 1869.

crétion urinaire. Le curare est expulsé du sang par les reins et passe dans les urines. Aussi l'urine recueillie dans ces circonstances était-elle capable d'empoisonner des grenouilles, par exemple au moyen d'une injection sous-cutanée. Il faut faire ces expériences avec attention, car j'ai remarqué que l'urine normale concentrée mise sous la peau suffit quelquefois pour faire périr les grenouilles.

Comme l'urine, en sortant des reins, tombe dans la vessie, où elle séjourne assez longtemps avant d'être expulsée au dehors, on peut se demander comment le curare n'est pas absorbé de nouveau. En cherchant les causes de la tolérance à la morphine, nous avons déjà rappelé (leçon XV, page 544, numéro du 24 juillet 1869) nos expériences, en particulier sur l'iodure de potassium, démontrant que certaines substances qui s'éliminent surtout par les glandes salivaires, qui les déversent dans le canal digestif, y sont presque indéfiniment réabsorbées au fur et à mesure de leur élimination. Le même effet ne se produit pas dans la vessie pour le curare que contient l'urine, parce que la membrane muqueuse de la vessie n'est presque pas absorbante. Elle l'est infiniment moins que la membrane muqueuse du canal digestif.

L'élimination est malheureusement le seul moyen qui existe à notre connaissance pour combattre l'action des poisons; ils agissent tant qu'on n'est point parvenu à les faire sortir du corps. On a bien prétendu produire des réactions chimiques dans le sang pour y neutraliser les poisons qui s'y étaient introduits, mais il n'a pas encore été possible de démontrer des faits de cette nature d'une manière évidente.

Pour pratiquer la respiration artificielle, il suffit en définitive d'un soufflet ordinaire qu'on met en communication avec la bouche ou la trachée. Voici un soufflet qu'employait autrefois Magendie, et qui est à peu près le même que le soufflet gradué imaginé par d'Etiolles pour servir à pratiquer la respiration artificielle chez les noyés ou les asphyxiés.

Voici un appareil bien plus parfait qui a été construit par Marcey (de Londres). Il se compose essentiellement d'une sonde métallique recourbée, destinée à pénétrer dans le larynx pour y apporter le courant d'air de la soufflerie. Cette sonde porte à sa partie terminale une gaine de caoutchouc correspondant par un petit conduit spécial avec une boule aussi de caoutchouc et pleine d'air. En pressant cette boule, on fait gonfler la gaine de caoutchouc, qui s'applique exactement contre les parois du larynx, et empêche ainsi l'air poussé par le soufflet de s'échapper en glissant le long de la sonde sans pénétrer dans les poumons. La constitution du soufflet permet de remplir une indication dont il est souvent difficile d'obtenir l'équivalent : je veux parler de l'aspiration. Cette indication se trouve remplie, grâce au simple affaissement des côtes.

J'ai vu avec cet appareil que, lorsque l'animal revient à lui, il faut avoir soin de laisser encore la sonde en place; autrement la langue, étant toujours paralysée et n'ayant pas encore recouvré ses mouvements, obstrue l'ouverture du larynx, de sorte que l'air ne peut pas pénétrer dans les poumons, quoique les mouvements d'inspiration puissent s'exécuter d'une façon régulière.

Grâce à la respiration artificielle que nous venons de pratiquer, le chien sur lequel nous avons opéré revient à lui. Mais nous desserrons maintenant la ligature de la patte où a été injecté le curare, et vous allez voir que l'animal ne tardera pas à être repris, comme il l'était tout à l'heure. Vous le voyez en effet. Nous recommençons alors la respiration artifici
avant de resserrer la ligature. Dans ces conditions, la resp
tion artificielle a d'abord pour résultat d'activer l'empoi
nement au lieu d'en combattre les effets. Cela se compr
car, la ligature étant restée ouverte, l'entrée de nouv
quantités de curare est possible, et la respiration artifici
en activant l'absorption, augmente ainsi la proportio
curare contenue dans le sang. Mais l'effet salutaire de la
piration artificielle se produit de nouveau, soit lorsque
resserrons la ligature, soit lorsque le curare injecté da
patte s'épuise, de telle sorte que l'absorption ne peut
combattre les effets de l'élimination entretenue par la re
ration artificielle, car pendant cette respiration artifici
chez l'animal curarisé, la sécrétion urinaire continue à m
cher avec une grande activité.

La question qui se présente maintenant serait de savoi
l'urine qui se sécrète pendant ce temps sous l'influenc
curare ou de la respiration artificielle est modifiée dan
composition chimique. J'y ai trouvé du sucre autrefois;
je n'ai pas examiné les principes constituants de l'urin
serait important de faire cette recherche, non-seulement
le curare, mais pour tous les médicaments ou poisons.
modifications observées dans l'urine pourraient mettre su
voie d'observations intéressantes. J'ai vu autrefois que che
animaux, qui meurent lentement et chez lesquels l'u
continue à se sécréter, l'urée diminue ou disparaît m
de l'urine. J'ai observé aussi, pendant que j'étais interne
hôpitaux de Paris, qu'il en est souvent de même c
l'homme ; en analysant l'urine du mourant ou plutôt l'ur
trouvée dans la vessie après la mort, j'ai vu souvent que l'u
avait disparu ou considérablement diminué. Dans les mê
conditions, on sait que la matière glycogène du foie dispa
aussi, de sorte qu'il y a des troubles profonds dans la nu
tion, dont les modifications de l'urine ne seraient que l'expr
sion. On sait aussi que, sous l'influence de certaines malad
du foie, l'urée diminue beaucoup dans l'urine, etc... J'ai
autrefois que, dans la néphrotomie, l'urine ne s'accumule
très-grande proportion dans le sang qu'un certain temps ap
l'opération, et qu'elle peut au contraire disparaître si
nimal reste trop longtemps souffrant et meurt avec
longue agonie. Ce sont là des causes d'erreurs contre
quelles il faut se prémunir, parce qu'elles peuvent fa
croire à des résultats contradictoires de l'opération, tan
qu'ils sont simplement obtenus dans des conditions di
rentes.

Voici un lapin de 2 kilogrammes. Il est pris des ef
du curare avec une injection de 2 milligrammes de ce p
son. C'est encore la dose que nous avions annoncée, 1 mi
gramme par kilogramme d'animal.

— A la Faculté de médecine de Paris, le concours p
l'agrégation des sciences physiques et naturelles s'est term
par la nomination de MM. Gariel pour la physique, Arm. G
tier pour la chimie, et Bocquillon pour l'histoire naturelle.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

XIÈME ANNÉE . NUMÉRO 38 . 21 AOUT 1869

Paris, 20 août 1869.

conformité des présentations du Collége de France l'Académie des sciences, notre collaborateur M. Marey l'être nommé professeur titulaire de la chaire d'histoire elle des corps organisés au Collége de France.

Voici la liste des nominations ou promotions dans la Légion d'honneur relatives à l'enseignement supérieur des es.

Au grade de commandeur :

r (de l'Institut), doyen de la Faculté de médecine.
ÉE (de l'Institut), professeur au Muséum.

Au grade d'officier :

IE PIERRE, doyen de la Faculté des sciences de Caen.
IN, doyen de la Faculté des sciences de Poitiers.
Y, membre libre de l'Académie des sciences de Paris.
de l'Académie de médecine de Paris.
VE, directeur du lycée impérial de Galata-Seraï.

Au grade de chevalier :

LU, professeur à la Faculté de médecine de Paris.
DA, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier.
IN, professeur à l'École de pharmacie de Strasbourg.
L, professeur à la Faculté des sciences de Besançon.
ULT, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux.
LT, professeur à la Faculté des sciences de Caen.
RD, professeur à la Faculté des lettres de Besançon.
Y, agrégé près la Faculté de médecine de Paris.
AUD, agrégé près la Faculté de médecine de Parisi
ZENBERGER, directeur adjoint du laboratoire de la Sorbonne.
IN, directeur de l'École préparatoire de médecine et le pharmacie de Reims.
NT, directeur de l'École préparatoire de médecine et le pharmacie de Rennes.
CÉ, professeur à l'École préparatoire de médecine et de pharmacie de Bordeaux.
PERT, professeur à l'École préparatoire de médecine et de pharmacie de Poitiers.
ET, secrétaire de la Faculté de médecine de Paris.
UR GRIS, aide naturaliste au Muséum d'histoire naturelle de Paris.
DEL, de l'École des mines.
IN-LAUZER, rédacteur en chef du *Journal des connaissances médico-chirurgicales.*

INSTITUT DE FRANCE

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DES CINQ ACADÉMIES

M. CLAUDE BERNARD
De l'Académie française et de l'Académie des sciences

Discours d'ouverture

Messieurs,

Dans toutes les directions qu'il nous est donné de suivre, il faut toujours nous souvenir de notre point de départ et ne jamais oublier le but que nous nous proposons d'atteindre.

C'est conformément à cette pensée que tous les ans le président de l'une des Académies, appelé à l'honneur d'ouvrir cette séance solennelle, est dans l'habitude de vous rappeler l'origine et la mission de l'Institut.

L'origine de nos diverses Académies est bien connue, et plusieurs auteurs éminents en ont retracé l'histoire.

Quant à la mission qui leur est confiée, elle est déterminée par la nature même de leurs travaux. Toutefois, on le comprendra, cette mission n'est point rigoureusement circonscrite; elle s'agrandit et se modifie à mesure que nous avançons et que de nouveaux progrès s'accomplissent.

Lorsque nos connaissances n'avaient que peu d'étendue, leur ensemble pouvait être embrassé par les facultés d'un seul homme. C'est ainsi que les siècles passés ont pu léguer à notre admiration des noms devenus immortels, parce qu'ils ont résumé le savoir de leur temps.

Mais si les sciences avaient dû toujours rester enfermées dans les limites des capacités individuelles, leur développement trop restreint n'eût jamais pu répondre aux grandes destinées qui sont réservées à l'activité de l'homme dans le monde. Aussi, dans leur accroissement, les sciences ont-elles cessé peu à peu de pouvoir être le partage exclusif de quelques rares génies pour devenir le patrimoine commun de l'humanité.

Aujourd'hui l'intelligence, même la plus vaste, ne peut plus être encyclopédique, et il est permis d'affirmer que les essais qu'elle tenterait dans ce sens la frapperaient de stérilité. A l'époque où nous vivons, l'homme qui veut laisser une trace durable de son passage ne saurait se contenter de savoir ce qui a été fait avant lui; il doit avoir l'ambition d'augmenter le domaine de l'esprit humain et de prendre une part active à son développement.

Ce progrès ne se réalise que par l'association de toutes les intelligences; mais il importe encore que chacune d'elles se renferme dans une voie spéciale pour y diriger son activité avec plus d'énergie. C'est là une condition nécessaire au

développement et au perfectionnement de toute espèce de société.

L'Institut est, parmi nous, le symbole vivant de cette grande pensée d'association intellectuelle par les diverses Académies qui le composent. Tous les besoins de la civilisation moderne s'y trouvent représentés : par l'Académie française, le goût de la saine littérature et les grandes traditions de la langue nationale ; par l'Académie des beaux-arts, le sentiment du beau dans toutes ses manifestations extérieures ; par l'Académie des inscriptions, par l'Académie des sciences morales et politiques, la science du passé telle que nous la comprenons aujourd'hui, et l'étude approfondie de ces grands problèmes qui ont toujours eu le privilége d'attirer l'attention des esprits les plus élevés ; enfin, par l'Académie des sciences physiques et mathématiques, les efforts persévérants de l'homme pour étendre ses conquêtes sur la nature et pour arriver à une notion de plus en plus exacte des grandes lois qui la gouvernent.

Mais toutes les connaissances humaines dont le vaste ensemble vient ainsi converger dans l'Institut subissent une marche progressive qui tend de plus en plus à leur imprimer un caractère scientifique mieux défini.

Commencé sur le terrain des sciences physiques, ce mouvement s'est répandu de proche en proche dans les études historiques, archéologiques et linguistiques ; il se propage aux sciences philosophiques, et parvient jusque dans le domaine de l'art, qu'il élève et fortifie.

La tendance scientifique s'efforce de ramener les phénomènes à leur cause immédiate, et, dès que l'homme est parvenu à la connaître, il en comprend les manifestations ou les dirige à son gré. C'est ainsi qu'il a subjugué pour ainsi dire la nature inorganique; c'est ainsi qu'il commence déjà à étendre sa puissance sur la nature vivante, et nul ne saurait assigner à cette puissance les limites où elle devra s'arrêter.

Cet immense développement du pouvoir de l'homme avait été prévu ; il y a deux siècles que Bacon a tracé son programme gigantesque, et, s'il n'a point encore été réalisé, il est certain du moins qu'il existe une différence fondamentale entre les sociétés antiques et les sociétés modernes. Jamais les anciens n'auraient osé concevoir la pensée de cette domination de la science sur la nature extérieure, qui non-seulement supprime l'espace et confond les peuples, mais qui franchit les limites du globe que nous habitons pour aller étudier la constitution intime des mondes voisins.

Une aussi grande disproportion entre les moyens d'action des sociétés modernes et de celles qui les ont précédées doit évidemment faire envisager leur histoire autrement et rendre circonspect dans les conclusions qu'on pourrait déduire des premières par rapport aux secondes.

L'importance capitale du mouvement progressif qui nous entraîne est universellement reconnue de nos jours, et nous croyons pouvoir avancer, sans rencontrer de contradicteurs, que la première place dans le monde civilisé appartiendra désormais aux nations qui consacreront leurs plus grands efforts à la culture de l'esprit humain et qui s'imposeront les plus grands sacrifices en faveur du développement des sciences ; car ce n'est en définitive que par l'intelligence que l'homme doit dominer et conquérir le monde.

Le rôle des corps savants dans l'organisation de nos sociétés modernes se trouve naturellement indiqué par les considérations qui précèdent. Ils sont les foyers où viennent se concentrer toutes les connaissances pour rayonner de là av une nouvelle intensité.

Les fondateurs de l'Institut ont compris de cette maniè les fonctions qui lui sont dévolues. « L'Institut national, o ils écrit en tête de ses statuts, est chargé de recueillir les d couvertes et de perfectionner les arts et les sciences. »

Aussi nous voyons ce corps attirer vers lui toutes les l mières et rassembler dans son sein toutes les connaissan humaines. Il les réunit sans les confondre dans les diver Académies; parfois même il les classe dans des sections; m ces sections qui correspondaient autrefois à l'état actuel de science, par suite du progrès naturel des idées, ne saurai constituer aujourd'hui l'expression absolue de la vérité. cadre de notre savoir, en effet, n'est point immuable; il d sans cesse s'agrandir et se modifier. C'est pourquoi n devons suivre en réalité les transformations incessantes sciences dans leur évolution en nous attachant bien plu l'esprit de notre institution qu'à la lettre de nos règlemen

Pour remplir les devoirs qui lui sont imposés, il ne su pas à l'Institut d'assembler toutes les productions de l'esp il doit aussi, avons-nous dit, les répandre dans la société, les transforme, à son tour, en une multitude d'applicati utiles. Ce n'est pas encore tout, il a pour mission de fécon le sol de l'intelligence, et de faire naître à la fois des arti et des savants par des encouragements mérités et par récompenses publiques.

Telle est la pensée qui a présidé à l'établissement des p que nous décernons, et qui, fondés d'abord par l'Institut l même, se sont accrus d'année en année par la libéral éclairée des particuliers, preuve évidente de l'intérêt que public prend à notre œuvre.

Enfin des récompenses d'un ordre spécial, qui témoign de la sollicitude du gouvernement pour le progrès des arts des sciences, se trouvent également mises à notre disposit et cette année nous avons à décerner le prix biennal q nous devons à l'initiative spontanée de l'empereur. « Ce p
» doit appartenir, d'après la pensée de son auguste fondat
» à l'œuvre ou à la découverte la plus propre à honorer
» à servir le pays, qui se sera produite pendant les dix d
» nières années, dans l'ordre spécial des travaux que rep
» sente chacune des cinq Académies. »

Ce prix correspond aux anciens grands prix, et devient d cennal pour chacune des Académies.

Cette année, l'Académie des sciences morales et politiqu est chargée de désigner à l'Institut l'œuvre qui lui a paru plus digne de l'obtenir; c'est de son choix que j'ai maint nant à vous parler.

Cinq ouvrages, recommandables par leur importance leur utilité, ont surtout fixé son attention. De ces cinq o vrages, il en est deux qui appartiennent à la science du dro trois qui se rattachent à l'histoire.

Le premier ouvrage de droit est le *Répertoire de jurisp dence* de feu M. Dalloz ; le second est le *Cours de code civil* M. Demolombe, doyen de la Faculté de droit de Caen. I des motifs divers, l'Académie, tout en manifestant sa ha estime pour ces deux œuvres importantes, n'a pas cru dev les proposer pour le prix.

Trois ouvrages concernant la France, à diverses époq de son histoire, se recommandaient aux suffrages de l'A démie. Le premier est l'*Histoire de la Restauration*, par M. Viel-Castel ; le second est l'*Histoire du règne de Henri IV*, I

on; le troisième est l'*Histoire de France*, par M. Henri

é la valeur réelle des deux premiers ouvrages que nons de nommer, c'est le troisième qui a été jugé à remporter le prix.

laisserons ici parler l'Académie des sciences morales ques elle-même.

les expressions de son illustre secrétaire perpétuel, e de M. Henri Martin est comme un monument natioevé à l'histoire de notre pays. Il comprend l'histoire ance dans toutes ses parties et la présente sous tous pects. Il offre, en les exposant avec ensemble ou en portant avec détail, dans leurs traits principaux ou leurs circonstances caractéristiques, soit condensés leaux, soit développés en récits, les états divers par ls a passé la France, les événements successifs qui arqué le cours de son histoire et influé sur ses desti-Ces événements y sont retracés d'une manière tout is exacte et rapide, en même temps que les transforns sociales, les diversités de mœurs et de lois, les ements dans les idées, avec une certaine persistance s sentiments, y sont appréciés aux époques différentes istence nationale pendant quatorze siècles. »

nous bornerons à l'appréciation générale qui précède; trop long de résumer tous les motifs développés dans rquable rapport et qui justifient le choix de l'Acadésciences morales et politiques. C'est sur l'avis d'une ion de douze de ses membres qu'elle a décidé, à ité, que l'*Histoire de France* de M. Henri Martin serait à l'assemblée générale des cinq Académies pour le prix de 20 000 francs qui doit être décerné au nom ereur dans la séance du 15 août 1869.

tut a ratifié cette décision, et je m'applaudis d'avoir ner le nom de l'auteur éminent d'un ouvrage d'une le étendue, d'un mérite aussi éclatant, et que le pu-à en quelque sorte consacré par son suffrage.

CLAUDE BERNARD.

ITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. ROBERT H. SCOTT

directeur du Bureau météorologique

Le Bureau météorologique, son passé et son rôle actuel

in peu plus de sept ans, l'amiral Fitz-Roy prononçait un discours sur la télégraphie météorologique, qui alors un an d'existence, et dont l'idée et l'applicant dues principalement à ses efforts. La popularité aient naturellement jouir de pareilles recherches, pays comme le nôtre, avec des côtes si étendues, exuvent à des tempêtes presque incessantes, a peuttribué à faire perdre de vue le but dans lequel ce vait d'abord été fondé, but qu'il a toujours poursuivi lus grande persévérance.

era donc permis, dans ce discours sur les travaux actuels du Bureau météorologique, de consacrer instants à rappeler son origine.

L'idée fondamentale qui a présidé à l'établissement de ce bureau et de tous les bureaux analogues, a été d'abréger les voyages sur l'Océan par la connaissance exacte des vents et des courants qui règnent dans les différents parages. Basil-Hall l'a dit, il y a bien des années déjà, « un des principaux devoirs du marin est de savoir où il peut rencontrer un vent et un courant favorables. »

Mais il n'était pas le premier. Dès le commencement de ce siècle, M. Marsden, alors secrétaire de l'Amirauté, avait donné l'idée de partager la surface des mers en carrés au moyen des parallèles et des méridiens, afin de déterminer d'une manière exacte les vents et les courants dans le voisinage de l'équateur. C'est la méthode de subdivision de M. Marsden, qui a été depuis universellement adoptée.

Pour nos travaux actuels, l'impulsion première est venue de sir J. Burgoyne, qui, en 1852, donna l'idée de faire faire à terre des observations sur une grande échelle par le corps des ingénieurs royaux.

Il y avait alors plusieurs années que le lieutenant Maury travaillait dans le même sens à Washington. Les autorités des États-Unis, consultées par notre gouvernement sur la possibilité d'une coopération dans ces recherches, proposèrent, dans leur réponse, de les étendre aux observations maritimes.

La correspondance engagée à ce sujet fut alors soumise à la Société royale, et celle-ci fit ressortir les difficultés que présenterait une coopération internationale, difficultés qui viendraient principalement des échelles différentes en usage dans chaque pays, des heures différentes, et du manque d'instruments d'observation qui fussent indépendants de ces différences. En même temps la Société royale appuyait chaudement le projet de météorologie marine.

Bref, la conférence de Bruxelles se réunit au mois d'août 1853; la plupart des nations maritimes y furent représentées, et l'on s'entendit sur un plan d'action uniforme.

A partir de ce moment, l'Observatoire national de Washington continua ses travaux jusqu'au commencement de la guerre de la sécession. La Hollande établit en 1854 son Institut météorologique, maintenant en pleine activité. A la fin de la même année, M. Cardwell, alors président du *Board of trade*, résolut d'y rattacher un bureau météorologique, à la tête duquel il plaça le capitaine Fitz-Roy, qui devint depuis amiral.

Aujourd'hui, seize ans après la conférence de Bruxelles, l'attention se porte de nouveau sur ce sujet. L'Observatoire national de Washington renaît en quelque sorte; d'autres pays se mettent à l'œuvre, parmi lesquels il faut citer nos compatriotes des Indes et de l'île Maurice, où un travail systématique se fait depuis plusieurs années sous la direction de M. Meldrum.

Nos dernières recrues sont les villes de Hambourg et de Brême, qui ont établi le *Norddeutsche Seewarte*, habilement dirigé par M. W. von Freeden, autrefois attaché à l'École de marine d'Elsfleth; les recherches de météorologie marine y sont poursuivies avec la plus grande activité.

En 1855, le gouvernement demanda à la Société royale de donner au nouveau bureau ce qu'on pourrait appeler ses instructions générales; elle le fit de la manière la plus détaillée et la plus complète. Ses indications forment encore la base des opérations du Bureau, à l'exception d'un ou

deux points dont s'est chargé le bureau hydrographique de l'Amirauté.

Dès son entrée en fonctions, l'amiral Fitz-Roy se mit à l'œuvre. Avant tout, il fallait de bons instruments : pour cela, il engagea avec le comité de l'observatoire de Kew (1) des rapports qui ne furent que le prélude d'une liaison plus intime entre les deux établissements.

Ce comité recommanda et fit adopter un baromètre tout à fait convenable pour les observations sur mer ; il fournit aussi des indications pour construire les autres instruments nécessaires. De plus, tous les instruments qui viennent de notre Bureau ont d'abord été vérifiés à Kew.

Nous avons l'habitude de prêter aux observateurs des instruments qu'ils nous rendent à la fin de leur voyage, avec un registre des observations qu'ils ont faites, tenu conformément au plan adopté à Bruxelles.

Pour tenir les navigateurs au courant des résultats déjà obtenus, l'amiral Fitz-Roy s'occupa de publier des traductions des ouvrages étrangers, et surtout des reproductions des cartes de Maury, en joignant à leurs données celles que lui fournissaient les travaux de son propre bureau. C'est ainsi qu'a été préparée la série des cartes des vents du *Board of trade*.

A mesure que les prêts d'instruments se multipliaient, les registres d'observations s'accumulaient, de sorte qu'il fut bientôt évident que le personnel du Bureau ne pouvait suffire au travail. Mais, au moment où le directeur était forcé de le reconnaître, son attention se portait d'une manière irrésistible vers un nouveau champ d'action, celui de l'étude et de la prédiction du temps dont nous parlerons tout à l'heure avec plus de détails. Il fit donc ralentir l'accumulation des matériaux, et donna cette nouvelle direction à presque tout le travail de ses collaborateurs.

Néanmoins les études de météorologie marine, quoique ralenties, continuèrent sans interruption, quoiqu'il n'ait pas été donné à celui qui en avait été l'instigateur de vivre assez pour voir achever et publier les résultats des recherches qu'il avait commencées : je veux parler surtout de ce qu'il regardait comme sa grande œuvre, l'étude de la météorologie de l'océan Pacifique, qu'il laisse encore bien incomplète, faute de documents suffisants.

Tout incomplets qu'ils sont, les résultats de toutes ces recherches seront bientôt mis à la disposition du public, soit sous forme de publications séparées, traitant de questions spéciales, telles que la température de la surface de la mer, soit avec les documents du Bureau hydrographique, et annexés aux cartes marines qui se publient maintenant sous les auspices de l'Amirauté.

A la mort de l'amiral Fitz-Roy, la Société royale fut encore consultée sur la position et les travaux à venir du Bureau. Elle répondit qu'elle ne voyait aucun motif de faire des changements importants à la marche qu'elle avait déjà indiquée en 1855, et conseilla en même temps d'appliquer les mêmes principes à l'étude de la météorologie des îles Britanniques.

Un peu plus tard, sur la demande du *Board of trade*, une enquête a été faite sur les opérations du Bureau, et un rapport présenté, en 1866, au parlement par un comité de trois membres désignés par le *Board of trade*, l'Amirauté et la Société royale. Ce rapport a fortement appuyé les vues déjà exprimées par la Société royale, en y ajoutant

(1) Situé à quelques kilomètres à l'ouest de Londres.

le vœu que le Bureau fût placé sous la direction effective
savants capables d'assurer l'exécution de ces vues, et d'em
cher en même temps que toute son activité ne se portât s
l'une des questions étudiées, au détriment des autres.

Au mois de novembre 1866, sur la demande qui lui
faite de se charger de la direction du Bureau météorologiq
du *Board of trade*, le conseil de la Société royale y co
sentit, et nomma un comité de huit membres qui ont
direction et le contrôle absolu de ce Bureau. C'est là le se
lien qui existe entre le Bureau et la Société royale. La
ciété elle-même n'a rien à faire ni avec le Bureau, ni av
ses fonds ; elle ne fait que nommer le comité de direction.

Pour mieux assurer l'efficacité des travaux nautiques,
capitaine H. Toynbee, marin expérimenté et observate
habile, a été adjoint au directeur et chargé de cette par
importante des opérations.

Le Bureau s'occupe toujours de réunir des documents scie
tifiques, surtout sur les parties les moins connues de l'Océa
tout en veillant à ce que les instruments ne soient conf
qu'à des observateurs capables. Plusieurs de nos principa
compagnies de *steamers* nous ont offert leur concours da
ce but.

Dès à présent les documents déjà réunis sont l'objet d'u
étude scrupuleuse ; nous avons commencé, sur la météo
logie de la partie de l'océan Atlantique où règnent les ve
alizés, des recherches qui, nous l'espérons, jetteront qu
que lumière sur plusieurs questions d'un grand intérêt p
notre climat.

Humboldt l'a dit il y a bien des années, c'est près des trop
ques qu'il faut chercher l'explication de la météorologie com
pliquée des latitudes élevées ; et il n'est pas moins dign
de remarque que le champ actuel de nos travaux se trouv
être précisément celui que M. Marsden indiquait, il y a pl
d'un demi-siècle, comme le plus important pour les pr
mières recherches.

Nos travaux météorologiques ne peuvent encore avoir q
peu d'intérêt pour la grande majorité du public, puisq
nous en sommes encore à l'étude patiente des registres, po
arriver plus tard à discuter les matériaux qu'ils nous fou
nissent.

Ce travail a dû être complétement repris ; il s'écoulera do
nécessairement un an ou deux avant que nous puissio
même entrevoir les résultats probables auxquels il doit abo
tir. Quels qu'ils soient cependant, nous sommes assurés qu'
ne peuvent que donner à nos connaissances en météorolog
marine un accroissement digne de la réputation si bi
acquise de notre marine marchande.

Tel est, je le répète, le but dans lequel ce Bureau a é
institué, celui pour lequel le parlement a voté des fonds il
a quatorze ans. La météorologie marine devra toujours êt
l'objet principal de son attention, objet dont la valeur
l'importance étaient reconnues avant que l'on eût perfe
tionné les instruments d'observation de la météorologie te
restre, avant que l'on songeât à prédire les tempêtes,
enfin avant que tous ou presque tous ceux qui m'écoute
fussent nés.

Emploi du télégraphe pour annoncer le temps.

Le rapport du comité d'enquête dont nous avons parlé pl
haut montre clairement l'origine et le développement de
service particulier. En 1861, l'amiral Fitz-Roy imagina un sy

tème de télégraphie météorologique en chiffres, et institua un service régulier qui recevait l'indication du temps de stations placées sur les côtes, et la transmettait au public. On pouvait ainsi donner avis des tempêtes, et publier dans les journaux des données probables sur le temps qu'il ferait.

Les avis sur les tempêtes embrassaient un espace de trois jours, ils indiquaient la direction et la force probable du vent qui devait régner sur la ligne de côtes où l'on arborait le signal. Quant à la prédiction du temps, elle ne s'étendait qu'à une période de deux jours.

Tout le monde sait que les signaux adoptés par l'amiral Fitz-Roy étaient un tambour et un cône ; ce dernier, par sa position, indiquait des vents, soit du nord, soit du sud. C'était là un progrès marqué sur le système proposé d'abord en Angleterre et en France, et qui consistait à annoncer par le télégraphe l'*existence d'une tempête* à tous les points de la côte qu'elle n'avait pas encore atteints.

C'est ce dernier système que semble avoir eu en vue la réunion tenue à Aberdeen par l'Association Britannique, réunion à l'initiative de laquelle nous devons la télégraphie météorologique. Ce fut aussi le plan que M. Le Verrier proposa un peu plus tard dans une lettre adressée à l'*Astronome royal*.

Les premiers avis de tempêtes furent publiés au mois de février 1861, et les premières données sur le temps au mois d'août de la même année. Ce service continua presque sans aucune modification pendant l'espace de cinq ans.

Cependant, même avant la mort de l'amiral Fitz-Roy, quelques doutes s'étaient élevés sur la question de savoir s'il avait raison de se prononcer d'une manière aussi affirmative dans ses prédictions du temps ; et, en 1866, le comité d'enquête se prononça fortement contre le système alors en vigueur. La Société royale ne consentit alors à nommer dans son sein un comité de direction pour le Bureau qu'à la condition expresse qu'on ne demanderait plus à ce Bureau de donner avis des tempêtes. La Société royale demandait que, si ces avis devaient être continués, ce fût le gouvernement lui-même qui se chargeât de les transmettre. Cela n'a pas été fait, et le gouvernement les a suspendus au mois de décembre 1866.

Toutefois ces avis étaient très-populaires ; plusieurs mémoires ont été présentés au parlement pour en demander le rétablissement, et enfin, au mois de mai 1867, le *Board of trade* a demandé au comité directeur de donner avis des tempêtes.

Sur cette demande, et trois mois avant la réunion tenue à Dundee par l'Association Britannique, le comité consentit à publier des avis du genre de ceux qui avaient été projetés d'abord, c'est-à-dire qu'il avertit les ports de l'existence d'un trouble atmosphérique, ou, en d'autres termes, d'une tempête ou des indices d'une tempête imminente sur un point quelconque des côtes, sans prétendre en aucune façon prédire que la tempête dût atteindre les ports ainsi avertis. Le Bureau avertit simplement les ports auxquels l'avis peut profiter, laissant chacun libre de décider s'il doit se croire menacé ou non, mais donnant en même temps à tous, au moyen de ses circulaires et de l'ouvrage intitulé *Manuel du baromètre des pêcheries*, les règles les plus sûres pour conjecturer le temps qu'il fera par l'observation des baromètres spéciaux que le Bureau et la Société nationale de sauvetage fournissent si libéralement à toutes nos stations de pêche.

Toutes les fois qu'on reçoit un avis de Londres, le tambour de signal est hissé et reste en position pendant trente-six heures, espace de temps généralement suffisant pour que la tempête se déclare si elle doit avoir lieu. Le télégramme indique les circonstances qui motivent l'ordre de hisser le signal, et, dans la plupart des ports, on l'affiche pour que le public puisse en prendre connaissance. En même temps on peut toujours savoir le temps qu'il vient de faire dans toutes les localités, en consultant le rapport sur le temps qu'il a fait la veille, rapport qui est régulièrement envoyé tous les jours par la poste à tous les ports de mer qui en font la demande.

Voilà déjà quinze mois que ce système fonctionne ; nous comptons sur le territoire britannique cent stations de signaux, et en outre nous transmettons nos indications sur toute la côte de l'Europe, de la Norvége à l'Espagne. Le gouvernement français s'associe activement à nos travaux.

Évidemment, pour rendre le système actuel complétement efficace, il faut que les faits communiqués par le télégraphe soient portés à la connaissance du public. Il faut surtout avertir les navires et les personnes qui sont loin de la station des signaux. C'est dans ce but que mon collègue le capitaine Toynbee a inventé un sémaphore qui indique à la fois la direction et la force du vent, et les parages où sévit la tempête. Nous avons fait imprimer et distribuer partout une figure expliquant ce sémaphore et son usage. Trois de ces appareils ont été élevés, à titre d'essai, dans trois de nos ports, à Londres, à Liverpool et à North-Shields, mais rien n'est encore décidé quant à leur adoption définitive.

Passons maintenant à l'utilité pratique des avis tels qu'ils sont transmis actuellement. Il est évident qu'un tel système ne peut rendre que peu de services à nos rivages si exposés du côté de l'Atlantique ; mais heureusement ce ne sont pas là les parages les plus fréquentés par notre marine.

La plupart de nos tempêtes, mais *pas toutes* cependant, se faisant sentir d'abord sur la côte occidentale de l'Irlande, nous pouvons ordinairement avertir les ports de la mer d'Irlande, ceux de la Manche, et à plus forte raison ceux de la mer du Nord, avant que le coup de vent ne les atteigne. Ce n'est là qu'une suite naturelle de la marche générale des tempêtes vers l'est. Si nous jugeons de l'utilité des avertissements d'après les faits, nous trouvons que, sur trente-sept avis envoyés l'an dernier à Hambourg, dix-neuf ont été suivis de tempêtes, neuf de vents violents ; dans six cas, le temps n'a pas changé, et enfin, dans trois seulement, la tempête a précédé l'avertissement.

L'application du système d'avertissements que proposait l'amiral Fitzroy exige surtout que l'on connaisse les trois données suivantes :

1° Les signes précurseurs d'une tempête ;
2° La direction dans laquelle elle marche ;
3° Sa vitesse.

Toute incertitude sur l'un de ces trois points est fatale à l'exactitude de la prédiction. Or, même si nous savons qu'une tempête approche, il s'écoule nécessairement un certain temps avant que nous connaissions sa direction et sa vitesse.

Si nous avions sur nos côtes une série de postes avancés, par exemple une ligne de vaisseaux d'observation à l'ancre dans les eaux profondes devant la côte d'Irlande, et communiquant avec le rivage par des fils télégraphiques, comme l'a proposé officiellement un météorologiste étranger bien connu, nous pourrions concevoir l'espérance d'être avertis un peu plus tôt que nous ne le sommes ; mais, pour le moment, il

nous faut attendre que l'auteur de ce projet ait trouvé le secret d'ancrer les vaisseaux dans les eaux les plus profondes. Dans l'état actuel des choses, ce problème ressemble assez à ce que serait celui de la détermination de l'orbite d'une comète, sans autres données qu'une première série d'observations simultanées faites pendant une éclaircie de quelques instants par un temps couvert.

Sur mer, les tempêtes présentent un caractère plus simple que sur terre, parce que, dans ce dernier cas, les inégalités de la surface changent la direction primitive du vent. Tout le monde sait que, sur la côte, le vent se fait sentir bien plus que dans l'intérieur des terres, de sorte que les tempêtes tendent naturellement à suivre les détroits, parce que l'air, ou du moins la couche d'air la plus voisine de la surface de la terre se meut plus librement dans cette direction. Quand une tempête commence à souffler sur la côte ouest de l'Irlande, il est toujours difficile de savoir si elle suivra la Manche ou le canal d'Irlande. Quand elle arrive à Holyhead (1) ou à Penzance (2), nous sommes mieux renseignés, mais alors il y a déjà beaucoup de temps de perdu.

Quelques tempêtes nous arrivent parfois de directions qu'elles ne suivent pas ordinairement, comme celle du jour de Pâques, qui nous est venue du nord et qui a causé le naufrage du *Ferret* à Douvres; d'autres marchent avec une rapidité telle, qu'elles nous prennent tout à fait à l'improviste. Ce sont les plus dangereuses de toutes. Un coup de vent qui vient après une longue suite de mauvais temps en hiver, cause à notre marine des dommages insignifiants, car tous nos bâtiments charbonniers et nos caboteurs sont en sûreté dans les ports, tandis qu'au contraire une tempête qui vient à l'improviste après le beau temps, couvre les côtes des débris de nos vaisseaux. Tel fut le coup de vent du 22 août 1868. Le 21 au soir, rien ne faisait présager un bouleversement, et cependant, le lendemain matin, le vent soufflait avec fureur. Un avis envoyé sur-le-champ à Liverpool fut reçu à midi dans ce port, tandis que la tempête n'arriva dans la Mersey qu'assez tard dans la soirée.

Quiconque eût prétendu pouvoir, à l'époque de cette tempête, prédire le temps deux jours à l'avance, se fût exposé à recevoir des éléments un bien cruel démenti.

Examinons maintenant les méthodes adoptées par le Bureau pour l'étude du temps, et les résultats pratiques qui semblent déjà ressortir de cette étude. Je dis à dessein *qui semblent*, car je n'ose dire davantage. Peut-être m'est-il permis d'espérer que les figures qui vous ont été soumises contiennent quelques idées qui, approfondies et développées, serviront plus tard de base à une méthode satisfaisante pour étudier le temps.

Le premier soin du comité, dès son entrée en fonctions, fut d'inspecter les stations, et de s'assurer du degré de confiance que méritaient les rapports qu'elles transmettaient. Cette inspection, faite en 1867, révéla un état de choses bien loin d'être satisfaisant. La position géographique de la plupart des stations était bien choisie, mais leur emplacement était souvent très-défectueux. Les employés chargés des rapports étaient des commis de l'administration des télégraphes, qu'on avait laissés libres de placer les instruments à leur guise; aussi, dans plusieurs endroits, les thermomètres

(1) Cap sur l'île d'Anglesea, près de la côte du pays de Galles.
(2) Au S. O. de l'Angleterre, près du cap Land's end.

étaient-ils suspendus contre les murs des stations de chemins de fer, complétement soustraits à l'influence de la température extérieure, mais, en revanche, exposés à toute la chaleur des locomotives lorsqu'elles lâchaient leur vapeur. Une pareille négligence fait penser presque involontairement à ce personnage qui suspendait son baromètre en plein air, et qui accrochait son thermomètre au coin du feu, de peur qu'un instrument aussi petit et aussi délicat n'eût à souffrir de la température extérieure. Mais c'est à l'une des stations les plus importantes que nous avons constaté l'incurie la plus grande : dans cette station, c'était à un enfant de treize ans qu'était confié le soin des instruments. Les hauteurs barométriques qu'il signalait étaient d'une irrégularité désolante; et enfin, après avoir reçu plusieurs lettres du Bureau, il répondit officiellement que l'irrégularité de ses rapports provenait de ce que le propriétaire de la maison avait l'habitude d'enfermer des choux bouillis dans la chambre où se trouvait le baromètre. Il va sans dire que notre jeune homme fut remercié sur-le-champ.

Le service est maintenant bien mieux organisé. Les employés sont plus vigilants, grâce à la clarté des instructions nouvelles qu'ils ont reçues et aux enquêtes qui se font régulièrement toutes les fois que quelque chose va mal.

Voici maintenant deux ans qu'on fait des observations sur le temps : on a dressé des cartes du temps pour chaque jour de l'année, et l'examen et la comparaison de ces cartes ont produit quelques résultats qui semblent assez encourageants.

Depuis quelque temps, on a souvent parlé d'un fait que le professeur Buys Ballot (d'Utrecht) a été le premier à signaler. On peut l'énoncer de la manière suivante :

Toutes les fois qu'un observateur se tient le dos tourné au vent, il peut constater que le baromètre est plus bas à sa gauche qu'à sa droite.

Cette loi est évidemment vraie dans le cas des cyclônes; mais il ne faudrait pas en conclure que l'air en mouvement affecte toujours la forme d'un cyclône. Quelque faible que soit le vent, la loi se vérifie toujours. Mais ce fait, quoique intéressant par lui-même, ne nous est d'aucune utilité pour juger du temps qu'il va faire.

Nous avons donc cherché s'il n'existe pas une relation entre les hauteurs barométriques signalées chaque matin et les vents qui règnent dans les vingt-quatre heures qui suivent, et si, par conséquent, la comparaison des différentes pressions atmosphériques observées ne permettrait pas de prévoir l'approche, la direction et la force des tempêtes. N'oublions pas que, dans cette étude, il n'a été tenu aucun compte de la température.

Le comité a permis de publier, à titre purement officieux, les résultats de ces recherches; les voici en quelques mots :

Si nous considérons l'espace dont les limites extrêmes sont, en allant de l'ouest à l'est, Valentia (1) et le Helder (2), et, du nord au sud, Nairn (3) et Rochefort, nous trouvons que, toutes les fois qu'il existe, le matin, entre deux stations quelconques une différence de hauteur barométrique égale à 15^{mm},24, la probabilité qu'il y aura une tempête dans les vingt-qua-

(1) Sur la côte d'Irlande.
(2) Hollande septentrionale, sur le Marsdiep, en face du Texel.
(3) Écosse septentrionale, sur le golfe de Murray.

res peut être représentée par le rapport de 7 à 3; cette éclatera quelque part dans l'espace que couvre le de nos stations, et le vent soufflera d'ailleurs dans indiqué par la loi de Buys Ballot. D'autre part, les lités sont dans le rapport de 9 à 1 qu'aucune tempête ra sans manifester clairement son approche par des ces de hauteurs barométriques, quand même la dif- absolue notée le matin n'aurait pas atteint 15mm,23. lait maintenant localiser la tempête. Pour cela, on triangulation de l'espace mentionné plus haut; on a des facteurs pour les différentes lignes de division, et les différences barométriques observées en parties onnelles correspondant chacune à des distances de les. Chaque matin, on calculait ces parties propor- is et l'on notait le rapport existant entre elles et le l régnait ensuite. Dans l'hypothèse qu'une diffé- rométrique de 3mm,04 par 100 milles indique un t la force est représentée par 7 d'après l'échelle fran- a loi s'est trouvée d'accord avec les faits environ ur 100. Cet accord existe surtout pour les vents de st, tandis que les exceptions sont très-fréquentes x de nord-ouest, ces derniers étant ceux qui donnent ouvent des sauts brusques.

sultats font voir que les changements dans la pres- osphérique donnent réellement des indications sur le va suivre. Il est vrai que nous ne savons pas le nom- ures qui s'écouleront entre ce changement de pression nmencement de la tempête; nous ne savons pas non lle sera la durée de cette tempête; mais nous savons s douter, que toutes les fois que le baromètre est s élevé en France qu'en Écosse, il est extrêmement able, pour ne pas dire plus, que nous serons assail- n coup de vent venu de l'est. Nous avons déjà indi- leux grandes causes d'insuccès des prévisions fondées incipe : elles viennent de l'irrégularité, soit de la di- soit de la vitesse de la tempête. Toute incertitude sur l'autre de ces points produit nécessairement une rave dans nos calculs.

ommes donc amenés à chercher un principe qui nous ux connaître les mouvements de l'air que ne le fait Buys Ballot.

examen des cartes dressées chaque jour qui nous a u sujet de cette loi, les résultats que nous venons . Or, nous possédons maintenant un très-grand le ces cartes, et leur comparaison commence à met- idence quelques résultats des plus intéressants.

que s'est occupé de météorologie, et même toute qui observe un peu le temps, sait fort bien que cer- ps ont une tendance à se reproduire. Ainsi deux des e nous vous soumettons font partie d'une série qui s'est e pendant dix jours, observée d'abord en janvier 1868, seconde fois au mois de décembre de la même e telles ressemblances nous amènent sur-le-champ er ce que nous pouvons appeler des séries de temps; t un premier pas fait vers la découverte de la rela- existe entre la cause et l'effet.

janvier 1868, on a pu constater un état atmosphé- trêmement remarquable. Un vent d'ouest violent dans la Manche, tandis que sur toute l'Angleterre t des vents d'est ; une dépression barométrique ctérisée existait sur toute la ligne de démarcation des deux courants; en même temps Londres était couvert d'un épais brouillard. Le lendemain, le vent soufflait du nord et le baromètre remontait rapidement; enfin, le surlen- demain, un ouragan terrible éclatait sur l'Écosse et causait à Édimbourg un dommage considérable. Or, le 8 décembre dernier, deux courants contraires, venant l'un de l'équateur et l'autre des pôles, se sont produits dans les mêmes condi- tions, et, au bout du même temps, ils étaient suivis d'une série de tempêtes exactement semblable à la première. Une pareille coïncidence était bien faite pour attirer l'attention; aussi avons-nous résolu d'étudier tous les cas dans lesquels les deux courants existent à la fois, rasant la surface de la terre, et les vents du pôle toujours au nord du courant équatorial. Il y a longtemps que cette relation des deux courants, en te- nant compte, bien entendu, de la différence entre l'hémi- sphère nord et l'hémisphère sud, avait déjà été signalée par M. Charles Meldrum, secrétaire de la Société météorologique de l'île Maurice, à l'expérience duquel nous devons d'excellentes cartes météorologiques de l'océan Indien. Je suis heureux de pouvoir vous soumettre une figure explicative tirée d'un excellent mémoire publié par ce savant dans le *Journal de la Société météorologique anglaise*. Dans ce mémoire, M. Meldrum dit que les cyclônes prennent *invariablement* naissance entre deux courants d'air parallèles, et que les vents du pôle sont toujours du même côté que le pôle par rapport aux vents équatoriaux.

Rappelons-nous ce que disait Humboldt à propos de la mé- téorologie des tropiques; et quoique la surface comparative- ment restreinte à laquelle s'appliquent nos propres observa- tions ne nous donne pas le droit d'affirmer l'exactitude abso- lue de ce principe de M. Meldrum, nous pouvons dire qu'il nous semble qu'il y a quelques raisons de l'admettre. Il est rare qu'on puisse observer les conditions de coexistence des deux courants; mais, toutes les fois qu'elles se présentent, on constate presque à coup sûr, un jour ou deux après, une tem- pête venant du sud, ou tout au moins un vent violent qui s'élève brusquement du sud-est ou du sud, *quoique auparavant il n'y en eût pas trace dans ces parages* (1). J'ai choisi deux cas de ce phénomène : le premier est la tempête d'hiver dont je viens de parler; le second s'est présenté en été : c'est le coup de vent qui précéda la revue navale de Spithead (2) en 1867.

Le 8 avril 1869, nous avons vu se reproduire les conditions atmosphériques du 13 juillet 1867; elles ont été suivies de vents du sud qui n'ont pas, il est vrai, mérité le nom de tem- pête, mais qui ont amené les chaleurs excessives remarquées à cette époque.

Dans ce rapide exposé, je me suis rigoureusement borné à vous soumettre des faits; c'est à dessein que je me suis abstenu de toute explication théorique : la science n'est pas encore mûre. Ce que nous devons faire en ce moment, c'est de préparer pour les fondements des pierres solides qui, sans doute, ne sont pas destinées à briller aux yeux, mais bien plutôt à soutenir tout l'édifice de la météorologie, cette science dont le nom de l'amiral Fitz-Roy est désormais et à si juste titre inséparable.

(1) On a constaté que, sur vingt-quatre cas observés, douze ont été suivis de tempêtes au bout de deux jours; quatre, de coups de vent immédiats; sept, d'un vent de sud assez fort; enfin il n'y en eut qu'un seul qui ne fut suivi d'aucune perturbation.

(2) Côte sud de l'Angleterre, entre Portsmouth et l'île de Wight.

Météorologie terrestre des îles Britanniques.

Arrivons maintenant à la dernière œuvre du comité, à ses observatoires automatiques. Je vous disais, au commencement de cette conférence, que la Société royale avait déclaré au gouvernement, il y a déjà quatorze ans, qu'il n'était pas probable que l'on réussît à établir en ce moment un système satisfaisant de météorologie terrestre, faute d'instruments enregistrant eux-mêmes les résultats obtenus, instruments dont l'existence aurait pour résultat de soumettre toutes les observations à une méthode uniforme et de les rendre indépendantes des convenances personnelles des observateurs. Cette lacune se trouve maintenant remplie, surtout grâce aux efforts de l'observatoire de Kew. Les barographes et les thermographes maintenant en usage proviennent presque tous de cet établissement. L'anémographe est l'instrument bien connu que nous devons au docteur T. Romney Robinson, d'Armagh. Le barographe et l'anémographe que je mets sous vos yeux ont été mis à ma disposition par la complaisance de MM. Beck, de Cornhill (1).

Avec l'anémographe, la question de l'enregistrement des résultats est facile à résoudre : en effet, toutes les fois qu'il y a du vent, il se produit un mouvement de rotation à l'aide duquel on peut faire marcher un appareil armé d'un crayon ; au contraire, s'il n'y a pas de vent, le crayon reste immobile. La disposition adoptée ici s'explique pour ainsi dire d'elle-même. Si un crayon en repos porte sur un cylindre couvert de papier et tournant sur son axe, sa pointe décrira un cercle. Mais si le crayon se meut parallèlement à l'axe du cylindre, sa pointe décrira une hélice dont le pas dépendra du rapport qui existera entre la vitesse du cylindre et celle du crayon, et servira ainsi de mesure à la *vitesse* du vent. C'est d'une manière analogue que l'instrument indique la *direction* du vent.

Mais avec le barographe et le thermographe, nous n'avons aucun moteur mécanique ; il nous faut donc avoir recours à la photographie. On sait qu'à la partie supérieure de la colonne barométrique il y a un espace vide, connu sous le nom de vide de Torricelli. Si l'on place une lumière, celle du gaz par exemple, ou encore celle d'une lampe à paraffine, derrière le baromètre, et une lentille par devant, on pourra projeter sur un papier sensibilisé l'image de l'espace éclairé qui surmonte la colonne de mercure, et cette image photographique aura à chaque instant une largeur qui variera avec le niveau du mercure dans le baromètre.

Le thermographe est disposé à peu près de la même manière ; seulement, ici, la lampe à gaz doit être loin du thermomètre, et sa lumière doit passer, non par l'espace vide au-dessus du mercure, mais par une petite bulle d'air qui a été d'avance introduite dans le fil de mercure, et qui joue ici le rôle de pinnule. La lumière ainsi transmise produit sur le papier une marque qui a la forme d'un petit point.

Dans les deux instruments, le papier sensibilisé se trouve tendu sur un tambour qui tourne au moyen d'un mouvement d'horlogerie, ce qui donne des images continues.

Ces appareils nous rendent indépendants du caprice et de la convenance des observateurs ; avec eux, les seuls soins nécessaires sont d'entretenir la lampe, de remonter l'horloge et de renouveler régulièrement le papier.

(1) Rue voisine de la Banque, à Londres.

Une fois les instruments trouvés, le comité a dû s'occuper de choisir, pour les y placer, des stations qui représentassent aussi complétement que possible toutes les diversités de climat que présentent les îles Britanniques.

Le comité de l'Association Britannique, siégeant à Kew, a consenti avec empressement à faire de son observatoire le centre de toutes les opérations. Nous avons choisi deux autres stations en Angleterre, l'une à Falmouth (1), l'autre à Stonyhurst (2). Pour l'Irlande, il y a deux stations, la première à Armagh (3), sous la direction du docteur Robinson lui-même, et la seconde sur l'île de Valentia, pour avoir un poste aussi occidental que possible. En Écosse, les universités de Glasgow et d'Aberdeen sont devenues nos stations. Le comité aurait voulu pouvoir fonder un autre observatoire tout à fait au nord de l'Écosse, mais les fonds mis à sa disposition ne lui ont pas permis de donner à son plan cette extension, quelque désirable qu'elle puisse être.

On voit, par cet exposé, que nous avons profité des établissements qui existaient déjà, toutes les fois que leur position géographique l'a permis ; car c'est là la considération qui prime toutes les autres. C'est pour cette raison que le comité s'est vu forcé de créer un observatoire à Valentia, qui est sans doute la position la plus importante de ce côté. Wick (4) ou Thurso (5) méritaient sans doute de n'être pas oubliés ; mais les fonds manquent en ce moment.

Le centre commun de toutes les observations est à Kew, sous la surintendance directe de mon collègue le docteur Balfour-Stewart ; il reçoit et examine tous les rapports qui arrivent des différents observatoires, et s'assure de leur fidélité avant de les transmettre au Bureau central pour y être discutés. Là le comité de Kew et celui du Bureau météorologique associent leurs travaux, et c'est grâce à cette union intime que nous avons pu obtenir, dans l'étude de la météorologie terrestre, quelques résultats qui auraient sans cela été impossibles.

C'est au commencement de 1868 que les premiers observatoires se sont mis à l'œuvre ; six mois plus tard, celui de Valentia, le dernier fondé, était également en activité. Il fallait nécessairement quelques mois pour organiser d'une manière définitive un système aussi compliqué ; aussi ne faisons-nous que de commencer la discussion des résultats fournis par les instruments, afin d'obtenir la valeur moyenne des coefficients météorologiques pour chaque station, et de mieux suivre les changements de temps.

Il serait donc prématuré de vouloir rendre compte de ce qui a déjà été *fait*. Mais, comme exemple de ce qui est *en train* de se faire, je soumets à votre examen cette courbe que nous envoie l'établissement d'Aberdeen, et qui montre bien toute l'irrégularité que présente parfois la pression atmosphérique. Voici encore la représentation d'une oscillation barométrique qui a parcouru toutes les stations en vingt-quatre heures ; on peut voir combien l'observation ordinaire, quelque vigilante qu'on la suppose, serait insuffisante pour donner une idée exacte d'un tel phénomène.

Nous aurions pu nous servir de figures semblables pour

(1) Au S. O., sur la côte de Cornouailles.
(2) Comté de Lancastre, N. O. de l'Angleterre.
(3) N. E. de l'Irlande.
(4) Écosse, comté de Caithness.
(5) Port à 31 kilomètres N. O. de Wick.

aire voir les variations de la température et celles du mais les exemples précédents vous font assez compren-s résultats obtenus.

ıtôt, si le Bureau peut continuer ses travaux, nous espé-oumettre au public le tableau de la marche du temps out le pays ; mais il faut pour cela que de nouvelles sta-viennent ajouter leurs observations à celles des sept déjà es.

à, messieurs, l'esquisse imparfaite des opérations de Bureau. Bien des points importants ont dû nécessaire-être passés sous silence ; mais ce qui a été dit suffit, je is, pour montrer que notre œuvre est une œuvre vrai-nationale, et que, par conséquent, elle ne peut se pour-que sous les auspices du gouvernement et aux frais de

t d'ailleurs là un engagement que le pays a pris en ne sorte en adhérant aux propositions de la conférence ixelles, s'il était possible de fermer les yeux sur la né-d'étudier à fond notre climat exceptionnel, et de rester iuteur de ce qui se fait dans toute l'Europe, et aussi sur vices que la météorologie est appelée à rendre à notre lture, à nos pêcheries et à notre commerce.

ROBERT H. SCOTT.

Traduit de l'anglais par BATTIER. —

COLLÉGE DE FRANCE

TOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol des oiseaux (suite)

FORME DE L'OISEAU. — CONDITIONS DE STABILITÉ. — PLANE-T ET GLISSEMENT SUR L'AIR. — RAPPORT DE LA SURFACE DES S AU POIDS DU CORPS DE L'OISEAU. — RAPPORT DU POIDS DES CLES THORACIQUES AU POIDS DE L'ANIMAL.

Forme de l'oiseau.

s ceux qui se sont occupés de l'étude du vol des oiseaux isisté avec grande raison sur la forme de ces animaux s rend éminemment propres au vol. Ils y ont vu les ions de stabilité parfaites dans le milieu aérien. Ils ont ompris le rôle de ces grandes surfaces que forment les it qui peuvent parfois agir comme un parachute pour ire une descente très-lente de l'animal ; tandis que es fois ces surfaces glissent sur l'air, et, suivant l'incli-ı de leur plan, permettent à l'oiseau de descendre très-ement, de s'élever même, ou de planer en tenant ses mmobiles. Mais beaucoup d'observateurs sont allés jus-dmettre que certaines espèces d'oiseaux avaient dans le rôle tout passif, et que livrant leurs ailes au souffle du ls lui empruntaient une force capable de les diriger en ns et contre le vent lui-même. Il me semble important cuter en quelques mots ce point capital de la théorie

tabilité de l'oiseau a été bien expliquée ; il n'y a rien à ajouter aux remarques qui ont été faites à ce sujet. L'atta-che des ailes se fait précisément au point le plus élevé du thorax de l'oiseau, et, par conséquent, lorsque les ailes déployées prennent un point d'appui sur l'air, tout le poids du corps se trouve placé au-dessous de cette surface de sus-pension. On sait, en outre, que dans le corps lui-même, les organes les plus légers sont en haut : les poumons et les sacs aériens; tandis que la masse intestinale, déjà plus dense, est située au-dessous. Enfin, les muscles thoraciques, si volumi-neux et si lourds, occupent le point inférieur du système; de sorte que la partie la plus lourde est placée le plus bas possi-ble au-dessous du point de suspension.

(1) Voyez ci-dessus, pages 61, 171, 252 et 578, 26 décembre 1868, ier, 20 mars et 14 août 1869.

L'oiseau qui descend les ailes déployées présentera donc toujours en bas sa région ventrale ; sans avoir besoin de faire des efforts d'équilibre, il prendra cette attitude passivement, comme le prend le parachute abandonné dans l'espace, comme le prend aussi le volant qui retombe sur la raquette.

Mais cette chute verticale dont je viens de parler est un cas exceptionnel : l'oiseau qui se laisse tomber est presque tou-jours animé d'une vitesse préalable ; il glisse donc oblique-ment sur l'air comme glisse tout corps léger et à grande sur-face placé dans les conditions de stabilité qui viennent d'être indiquées.

M. J. Pline a très-bien étudié les différentes sortes de glis-sement qui peuvent alors avoir lieu ; il les a même repro-duites au moyen de petits appareils schématiques très-faciles à construire.

Que l'on prenne une feuille de papier de forme carrée, et qu'on la ploie par le milieu de manière à former un angle dièdre très-obtus (fig. 70) ; puis, qu'au fond de cet angle, on

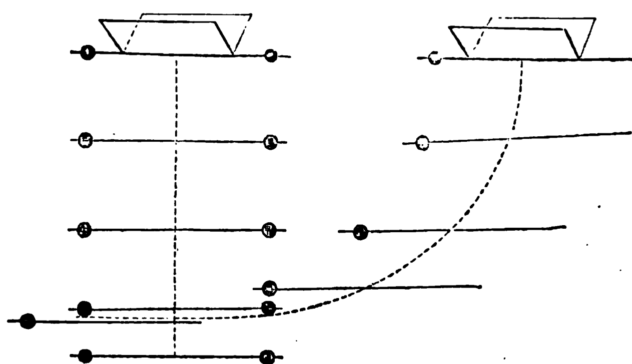


FIG. 70. — Représentant : à gauche, un appareil de planement équilibré par deux masses égales placées aux extrémités de la tige qui est logée dans le fond de l'angle dièdre. Cet appareil tombe verticalement comme l'indiquent les positions succes-sives de la tige munie de deux masses. — A droite, on voit le même appareil muni d'une seule masse. La chute est parabolique, ainsi que le montre la trajectoire ponctuée.

fixe avec un peu de cire une tige de métal munie de deux masses de même poids ou quelque corps pesant ; on aura un système stable dans l'air. Si le centre de gravité passe exac-tement par le centre de figure, en abandonnant cet appareil dans l'espace, on le verra tomber verticalement, la convexité de son angle étant tournée en bas. Si l'on enlève l'une des deux masses de manière à déplacer le centre de gravité, l'appareil, au lieu de tomber verticalement, suivra une trajectoire oblique et glissera sur l'air d'un mouvement accéléré (fig. 71, page 602).

La trajectoire parcourue par ce mobile sera située dans un

plan vertical si les deux moitiés de l'appareil sont bien symétriques; dans le cas contraire, elle s'infléchira du côté où l'appareil coupe l'air en trouvant le moins de résistance. Ces effets, bien faciles à comprendre, sont identiques avec ceux

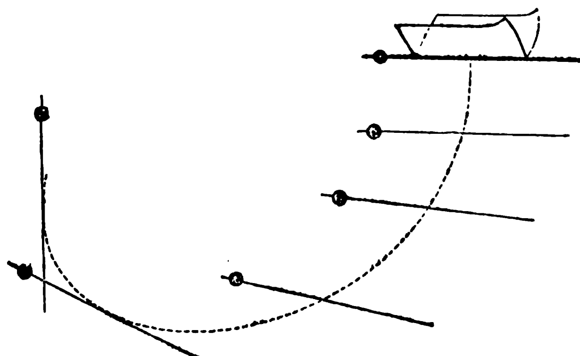


Fig. 71. — On a relevé le bord postérieur de deux plans de l'angle dièdre. Après une chute descendante, parabolique, l'appareil remonte, ainsi que la trajectoire ponctuée.

que produit dans la marche d'un navire la résistance du gouvernail. Ils peuvent aussi se produire dans le sens vertical; de sorte que la trajectoire de l'appareil peut être une courbe à concavité supérieure ou inférieure, suivant le cas.

Tout corps mince qui présente une courbure, tend à glisser dans l'air dans le sens du rayon de sa propre courbure.

Si, dans notre petit appareil, nous relevons le bord postérieur ou le bord antérieur des plans latéraux, nous verrons, à un moment donné de sa chute oblique, l'appareil remonter contre la pesanteur, mais perdre bien vite son mouvement de translation. Que s'est-il passé ?

Tant que le mobile, dans sa chute, n'a eu que peu de vitesse, l'effet de la courbure de sa surface est resté insensible, parce que l'air ne présente de résistance aux surfaces qu'en raison de la vitesse dont elles sont animées. Lors donc que la vitesse a été assez grande, un effet de gouvernail s'est produit, qui a relevé l'extrémité antérieure du mobile et lui a imprimé une direction ascendante. Mais aussitôt la pesanteur qui était la force accélératrice du glissement de l'appareil dans l'air est devenue retardatrice, et à mesure que le mobile s'élevait, il a perdu sa vitesse et est arrivé à l'immobilité. Après cela une rétrogradation commence, puis une rencontre en arrière, de façon que par oscillations successives l'appareil arrive enfin sur le sol.

J'ajoute que si l'on donne au mobile une légère concavité par en bas, l'inverse se produit, et l'on voit (fig. 72), à un certain moment, la trajectoire s'infléchir brusquement en bas et le mobile frapper le sol avec une grande violence. Dans ce second cas, au moment où l'effet du gouvernail s'est produit, la direction nouvelle s'est trouvée favorisée par la pesanteur qui a précipité la chute, tandis que, tout à l'heure, elle ralentissait la remontée.

J'ai insisté sur ces effets, parce qu'ils se produisent fréquemment dans le vol des oiseaux. Les anciens traités de fauconnerie décrivent les évolutions intéressantes des oiseaux chasseurs. Sans remonter plus haut, on trouve dans Huber (in-8°, Genève, 1784) la description de ces mouvements curvilignes du faucon, auxquels on donnait le nom de *passades*, et qui consistaient en une descente oblique de l'oiseau suivie *d'une ressource* ou remontée (du latin *resurgere*). « L'oiseau » (dit Huber), emporté par sa propre vitesse, irait touch[e]
» terre et s'y fracasser, s'il n'usait de certaine faculté qu'il
» s'arrêter au plus fort de sa vitesse et de se porter dro[it]

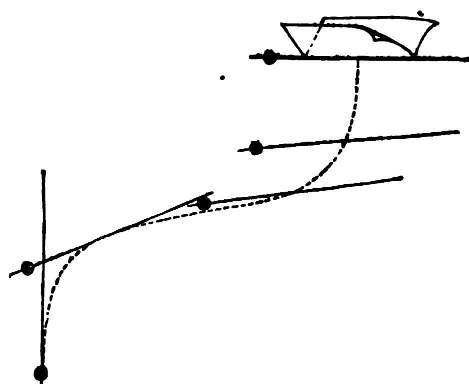


Fig. 72. — La partie postérieure du plan de l'angle dièdre a été recourbée. Après une chute parabolique, le mobile prend une marche descendant rapide.

» haut, au degré nécessaire pour être à même de fair[e]
» seconde descente. Ce mouvement suffit, non-seulemen[t]
» arrêter sa descente, mais encore pour le porter, san[s]
» fasse aucun effort, aussi haut que le niveau d'où
» parti. »

Assurément, il y a de l'exagération à dire que l'[oiseau] remonte *jusqu'au* niveau d'où il est parti, sans faire d[...] actif; la résistance de l'air doit éteindre une partie de la [...] qui a été acquise pendant la chute et qui doit se trans[...] en remontée. On voit cependant que le phénomène de la [res]*source* est bien constaté par les observateurs, et qu'il a été [con]sidéré par eux comme un acte en quelque sorte passi[f] [dans] lequel l'oiseau n'a pas à dépenser de force musculaire.

Le planement présente dans certains cas une grande [ana]logie avec les phénomènes décrits précédemment. Lo[rsque] certains oiseaux, les pigeons par exemple, ont parcour[u une] certaine distance en battant des ailes, on les voit susp[endre] tout battement pendant une ou plusieurs secondes, et g[lisser] sur l'air, soit horizontalement, soit en s'abaissant ou en [s'éle]vant. Le planement descendant est celui qui présente l[a plus] longue durée; en effet, ce n'est qu'une chute extrême[ment] ralentie, mais dans laquelle la pesanteur entretient le [mou]vement, tandis qu'elle le ralentit dans le planement hor[izon]tal ou ascendant. Dans ces deux dernières formes, l'aile[, plus] ou moins obliquement dirigée, prend son point d'appu[i sur] l'air, comme ce jouet d'enfant que l'on appelle le *cerf-vo[lant]*, avec cette différence que la vitesse est imprimée au [cerf-]volant par la traction exercée sur la ficelle lorsque l'a[ir est] calme, tandis que l'oiseau utilise dans le planement [la] vitesse qu'il a acquise, soit par une chute oblique, soi[t par] des coups d'ailes préalables.

J'ai déjà dit que les observateurs avaient admis que ce[rtains] oiseaux qu'ils appellent voiliers pouvaient, par la seule [action] du vent, se soutenir et se diriger dans l'air. Cette thé[orie a] toute l'apparence d'un paradoxe; on ne comprend p[as en] effet que l'oiseau, immobile dans le vent, ne subisse pas [l'en]traînement de l'air sur lequel il glisse.

Si les passades ou les planements qu'il exécute peuve[nt le] porter parfois en sens contraire de la direction du vent, [...]

e des effets passagers compensés à un autre instant entraînement plus rapide.

ıdant la théorie du vol à voile a été soutenue avec un alent par certains observateurs, et particulièrement comte d'Esterno, auteur d'un remarquable mémoire ol des oiseaux.

le monde, dit cet auteur, peut voir certains oiseaux er le vol à voile ; le nier, c'est nier l'évidence.

u aussi moi-même le vol à voile, mais il m'a semblé xécutait, en général, dans des conditions toutes parti- que voici :

ng des hautes falaises de la Normandie, j'ai vu les s et les goëlands se livrer à leurs évolutions sans agi- s ailes. J'ai vu autour des vieilles cathédrales les et les corneilles exécuter le même vol. Mais ces oiseaux, lorsqu'ils quittent ces stations spéciales, oujours paru se livrer au vol ramé, c'est-à-dire se li- es battements d'ailes constants ou à peine interrom- z les choucas, par des temps de planement de courte

ıerché alors à bien déterminer la direction du vent, et qui m'a semblé se passer.

u'un oiseau se trouve dans le voisinage d'un abri où calme ou agité de remous de sens inverse à la direc- vent qui règne, il peut passer tour à tour de l'air ans l'air agité, et inversement. Un goëland qui se li- ours du vent trouve une impulsion qui l'entraîne avec taine vitesse, et si, par un simple mouvement tour- oiseau rentre dans une région où l'air soit calme, il liser la vitesse que le vent lui a donnée et s'en servir venir au contraire jusqu'au niveau d'où il était parti. ngeant de nouveau dans la zone agitée, il recom- le nouveau l'évolution que je viens de décrire, et cela iter ses ailes, mais en leur donnant seulement des ions différentes. Les choucas et les corneilles m'ont comporter de même à l'abri des tours des cathé-

uteurs qui ont rapporté les cas les plus curieux de lle les ont observés dans des régions montagneuses. un condor dans les Cordillères, ou un aigle dans les s. On a maintes fois décrit le vol à voile de certains de proie, qui, au milieu d'une plaine, s'élèvent en ant sans agiter leurs ailes. J'ai vu moi-même souvent s voler ainsi, mais toujours aussi j'ai constaté que ensemble, la spirale qu'elles décrivent alors est dé- le vent, et que, en définitive, l'oiseau s'en va à la un mouvement plus ou moins rapide.

en la réduisant à ces limites, l'influence du vent sur les oiseaux est encore difficile à expliquer. Elle se ue en effet de conditions très-multiples, dans les- la vitesse acquise par l'oiseau, rencontrant sous des ariables la direction du vent, donne naissance aux isons de mouvements les plus variées.

dit encore qu'il règne dans les hautes régions de l'air ants de sens variés, parfois même contraires à la di- du vent qui règne à la surface du sol. L'oiseau, pas- s d'une couche dans une autre, pourrait trouver des ui le poussent dans les directions opposées.

mme, la question du vol à voile me semble une des iciles à résoudre ; il serait téméraire de condamner ent l'opinion des observateurs en s'appuyant sur une théorie et sur des notions aussi vagues que celles que nous possédons sur ce sujet.

Un des points les plus intéressants de la conformation des oiseaux consiste dans la détermination du rapport des surfaces alaires avec le poids de l'animal. Existe-t-il un rapport constant entre ce poids et ces surfaces? Cette question a été l'objet de nombreuses controverses.

Il est déjà démontré que si l'on comparait des oiseaux d'espèces très-différentes et de poids égal, on pourrait trouver que les uns ont des ailes deux, trois ou quatre fois plus étendues que les autres. Les oiseaux à grandes surfaces sont ceux qui se livrent le plus ordinairement au *vol plané*, et qu'on a appelés voiliers ; tandis que ceux dont l'aile est courte ou étroite sont plus ordinairement condamnés au *vol ramé*.

Mais si l'on compare deux oiseaux rameurs entre eux ou deux oiseaux voiliers ; si, pour mieux faire encore, on les choisit dans une même famille, afin de n'avoir entre eux que des différences de taille, on trouvera un rapport assez constant entre les poids de ces oiseaux et la surface de leurs ailes. Mais la détermination de ce rapport doit être basée sur certaines considérations qui ont longtemps échappé aux naturalistes.

M. de Lucy a cherché, pour tous les êtres qui volent, à mesurer la surface des ailes et le poids de l'animal. Puis, afin d'établir une unité commune entre ces animaux d'espèces et de tailles si différentes, il rapportait toutes ces mesures à un type idéal dont le poids était toujours de 1 kilogramme. Ainsi, après avoir constaté que le cousin, qui pèse 3 milligrammes, possède des ailes de 30 millimètres carrés de surface, il concluait que dans le type cousin, le kilogramme d'animal était supporté par une surface alaire de 10 mètres carrés.

Dressant un tableau comparatif des mesures prises sur un grand nombre d'animaux d'espèces et de tailles différentes, il est arrivé aux chiffres suivants :

Espèces.	Poids de l'animal.	Surface des ailes.	Surface pour 1 kilogr.
Cousin.	3 milligr.	30 mm.carrés.	10 m. carrés.
Papillon.	20 centigr.	1663 mm. carr.	8 m. 1/3
Pigeon.	290 gram.	750 c. carr.	2586 c. carr.
Cigogne.	2265 gram.	4506 c. carr.	1988 c. carr.
Grue d'Australie.	9500 gram.	8543 c. carr.	899 c. carr.

De ces mesures, à travers les variations de détail, ressort ce fait bien saisissable : que les animaux de grande taille et de grand poids se soutiennent avec une surface alaire beaucoup moindre que les petits.

Un pareil résultat montre déjà que le rôle de l'aile dans le vol n'est pas seulement passif, car une voile ou un parachute doivent toujours avoir des surfaces proportionnelles aux poids sur lesquels ils doivent agir. Considérée au contraire à son point de vue véritable, c'est-à-dire comme un organe qui devra frapper l'air, l'aile de l'oiseau devra, ainsi qu'on va le voir, présenter une surface relativement moindre chez les oiseaux de grande taille et de grand poids.

L'étonnement qu'on éprouve en présence du résultat des déterminations faites par M. de Lucy disparaît en partie, lorsqu'on songe qu'il y a une raison géométrique pour laquelle la surface alaire ne saurait croître en raison du poids de l'oiseau. En effet, si nous supposons deux objets de même forme, deux cubes, par exemple, dont l'un serait deux fois aussi grand que l'autre (en diamètre), chacune des faces du

grand cube sera quatre fois aussi grande que celle du petit ; enfin, le poids du grand cube sera huit fois celui du petit. Pour tous les solides géométriquement semblables, les dimensions linéaires étant dans un certain rapport, les surfaces croîtront comme les carrés et les poids comme les cubes de ce rapport. Deux oiseaux semblables de forme, mais dont l'un sera deux fois plus large d'envergure que l'autre, auront des ailes dans le rapport de 1 à 4, et des poids dans le rapport de 1 à 8. M. P. Demondésir, exposant devant moi ces idées, croyait trouver là une raison qui limite la taille des oiseaux capables de voler. Les plus grandes espèces d'oiseaux, l'autruche et le casoar, ne volent pas, disait-il, et si ces oiseaux avaient, proportionnellement à leur poids, autant de surface alaire qu'une hirondelle, ils ne pourraient replier leurs ailes complétement et traîneraient derrière eux ces longs et embarrassants appendices.

Cette objection serait vraie dans la théorie du vol à voile; mais, dans le vol ramé, l'amplitude du coup d'aile, croissant comme la taille de l'oiseau, multiplie la résistance que l'aile trouve sur l'air, et la ramène à un rapport semblable à celui du poids des oiseaux eux-mêmes.

Le docteur Hureau de Villeneuve, partant du même principe, a cherché à déterminer la surface d'aile qui pourrait faire voler une chauve-souris dont le poids serait celui d'un homme. Il a trouvé que chacune des ailes n'aurait pas 3 mètres de longueur.

Il a paru dans le cours de cette année un remarquable travail de Hartings (1) sur l'étendue relative des ailes et le poids des muscles pectoraux chez les différentes espèces d'animaux vertébrés volants. L'auteur montre d'abord que l'on peut, dans la série des oiseaux, établir l'existence d'un certain rapport entre la surface des ailes et le poids du corps. Mais il faut avoir soin de ne comparer que les éléments comparables : c'est-à-dire les longueurs des ailes, les racines carrées des surfaces alaires, et les racines cubiques des poids chez les différents oiseaux.

Soient : l, la longueur de l'aile ; a, son aire ou surface, et p le poids du corps, on pourra comparer entre eux l, $\sqrt{a}$, $\sqrt[3]{p}$.

Opérant sur différents types d'oiseaux, Hartings fit des mensurations et des pesées desquelles on peut extraire le tableau suivant :

Nom de l'espèce.	Poids. p.	Surface. a.	Rapport. $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt[3]{p}}$
1. Larus argentatus.......	565,0	541	2,82
2. Anas nyroca..........	508,0	321	2,26
3. Fulica atra............	495,0	262	2,05
4. Anas crecca..........	275,5	144	1,84
5. Larus ridibundus.......	197,0	331	3,13
6. Machetes pugnax.......	190,0	164	2,23
7. Rallus aquaticus........	170,5	101	1,81
8. Turdus pilaris.........	103,4	101	2,14
9. Turdus merula.........	88,8	106	2,31
10. Sturnus vulgaris.......	86,4	85	2,09
11. Bombicilla garrula.....	60,0	44	1,69
12. Alauda arvensis........	32,2	75	2,69
13. Parus major..........	14,5	31	2,29
14. Fringilla spinus........	10,1	25	2,33
15. Parus cæruleus........	9,1	24	2,34

Le poids des muscles pectoraux est au contraire dans un

(1) *Archives néerlandaises*, t. IV, 1869.

rapport simple avec le poids total de l'oiseau, et, malgr écarts qui correspondent aux divers degrés d'aptitud vol dont chaque espèce est douée, on voit qu'il est en de 1/6e dans le plus grand nombre des oiseaux.

En résumé, chaque animal qui se soutient en l'air développer un travail proportionnel à son poids ; il d à cet effet, posséder des masses musculaires proportio à ce poids ; car, ainsi que nous l'avons vu (chap. Ier), actions chimiques qui se passent dans les muscles des oi sont toujours de même nature, ces actions chimiques travail qu'elles engendrent seront proportionnées aux n musculaires.

Maintenant, comment se fait-il que des ailes dont l face varie comme le carré des dimensions linéaire oiseaux suffisent à mouvoir des poids qui varient dans l port des cubes de ces dimensions. C'est ici qu'il faut intervenir la notion du *travail*, c'est-à-dire des résist multipliées par les espaces qu'elles ont parcourus.

Admettons une vitesse uniforme pour l'abaisseme l'extrémité de l'aile chez les deux oiseaux que nous c rons, et qui ont, pour leurs dimensions linéaires, le port 1 à 2. La surface des ailes des gros oiseaux sera, avons dit, quatre fois plus grande que celle du peti comme la résistance que l'air présente aux surfaces an d'une même vitesse est proportionnelle à l'étendue surfaces, si nous appelons r la résistance éprouvée par du petit oiseau, elle sera $4r$ pour le gros oiseau. Mais ce oiseaux, en abaissant leurs ailes n'exécuteront pas des ments de même amplitude ; chez le gros oiseau chaque de l'aile aura un parcours deux fois plus grand que le homologue de l'aile du petit. Si donc nous appelons pace parcouru par la résistance r que rencontre l'ai petit oiseau, on aura rg pour le travail accompli par l'a $4r\,2g$ ou $8rg$ pour le travail effectué par l'oiseau. O donc que ce travail s'est accru dans les mêmes ra que les poids des animaux que nous venons de compar

Enfin, une autre conclusion ressort des considératio précèdent. Si nous admettons que l'aile possède la mê tesse chez l'un et chez l'autre oiseau, la durée du batt croîtra avec l'espace parcouru par l'aile, c'est-à-dire q sera proportionnelle aux dimensions linéaires de l'o L'observation justifie cette vue, en montrant que le oiseaux ont des battements plus rares que les petits.

On n'a pu jusqu'ici déterminer assez exactement le bre des battements des ailes des oiseaux pour savoir si fréquence présente un rapport exactement inverse taille de ces animaux; mais il est facile de voir que c'est ce sens que varie la fréquence des battements des ailes les oiseaux de différentes tailles.

MAREY.

STITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. A. CRUM BROWN
de la Société royale d'Edimbourg

constitution chimique des corps et ses rapports e leurs propriétés physiques et physiologiques

est le rapport qui existe entre les éléments d'un corps ;é ? C'est là une question à laquelle les chimistes s'effor- ;puis longtemps de répondre, et bien des hypothèses : moins ingénieuses ont été mises en avant pour cela. ;ux des explications qu'on a données des phénomènes ues tiennent, dans l'histoire de la science, une place nportante pour mériter une mention spéciale, même ne esquisse aussi rapide que celle-ci le sera forcément ; : 1° la théorie électro-chimique et des radicaux; 2° la des atomes et de la structure chimique.

remière est due au génie, à la science et aux recher- borieuses de Berzelius ; bientôt adoptée par tous les :es, elle est restée pendant bien des années la base de gnement et le guide de tous les travaux chimiques. nsidère tous les phénomènes chimiques au point de vue mbinaison et de la décomposition, de l'union des corps pour former des corps composés, et de la résolution ps composés en leurs éléments. Une des méthodes de position les plus importantes en chimie est l'*électrolyse*, omposition des corps au moyen d'un courant électri- ar sa nature même, l'électrolyse sépare chaque corps é en deux autres, et ce dualisme a été étendu à tous de combinaison et de décomposition possibles. Les imples se combinent entre eux deux à deux ; les com- inaires s'unissent à leur tour deux à deux pour former nposés de second ordre, et ainsi de suite. Ainsi le cal- : combine avec l'oxygène pour former de la chaux ; le avec l'oxygène pour former de l'acide sulfurique; sulfurique et la chaux donnent du sulfate de chaux. e considère pas cette combinaison des corps composés ux comme s'effectuant par l'union des éléments de ec les éléments de l'autre ; les deux corps composés ent de toutes pièces, comme si chacun d'eux était sim- : n'est pas le calcium de la chaux qui se combine avec e ou l'oxygène de l'acide sulfurique, ni le soufre de sulfurique qui se porte sur l'oxygène de la chaux ; chaux elle-même qui se combine de toutes pièces avec sulfurique.

:omparaison tirée de la vie ordinaire fera peut-être :omprendre ce que nous voulons dire. Des particuliers nt pour former des sociétés ou des corporations, et i, à leur tour, peuvent contracter des alliances, sans ır cela il y ait la moindre liaison entre les membres x corporations pris individuellement.

les découvertes nouvelles sont venues mettre en évi- les faits qui semblent en contradiction avec cette des combinaisons binaires. On a vu, dans certains cas, s composé de deux éléments s'unir directement à un mple : il a fallu alors, pour expliquer ces faits nou- modifier la théorie en y introduisant la notion des radi- n a appelé *radical* tout corps composé qui se comporte s'il était simple.

La comparaison que nous faisions tout à l'heure peut se prêter à cette extension de la théorie : certaines sociétés peuvent être considérées comme des individus ; elles peuvent avoir avec des individus certaines relations légales, tandis que d'autres sociétés ne le peuvent pas. De même, certains corps composés peuvent se combiner avec des corps simples, tandis que d'autres composés ne peuvent le faire.

La théorie atomique considère les phénomènes chimiques sous un point de vue entièrement différent. D'après cette théorie, les différentes substances sont plutôt des modifications que des combinaisons les unes des autres. C'est dans les premiers écrits de Dumas et de Laurent sur la substitution qu'il faut chercher l'origine de cette manière d'envisager les phénomènes chimiques. Elle se manifeste plus clairement encore dans l'importance donnée par Laurent et Gerhardt à la double décomposition, qui représente à leurs yeux toutes les actions chimiques, dans les types de Gerhardt et de Williamson, dans la théorie que Frankland donne des corps organo-métalliques, et dans l'extension que Kolbe fait de cette théorie aux composés du carbone. Mais c'est à Kekulé qu'il était réservé de coordonner ces idées et de leur donner la consistance d'une théorie véritable (1). Cette théorie a été approfondie par Butlerow, à qui nous devons l'expression de *structure chimique*, par Erlenmeyer et d'autres encore ; elle a été adoptée et appliquée avec de légères modifications par presque tous les chimistes qui se sont occupés de recherches sur les corps organiques.

Ici le type de l'action chimique est ce que nous pouvons appeler l'*échange chimique*. Pour mieux nous faire comprendre, considérons le cas le plus simple, celui d'une double décomposition dans laquelle deux molécules agissent l'une sur l'autre pour produire deux nouvelles molécules.

Le chlorure de sodium, par exemple, par son action sur le nitrate d'argent, donne du chlorure d'argent et du nitrate de soude. Si nous comparons le chlorure de sodium et le chlorure d'argent, nous voyons, il est vrai, sur-le-champ que, sous certains rapports, l'union du sodium avec le chlore ne présente pas les mêmes caractères que celle de l'argent avec le chlore : par exemple les deux métaux ne se séparent pas du chlore avec la même facilité, quand une fois la combinaison est effectuée. D'un autre côté, à un certain point de vue, qui est justement celui de la théorie atomique, on peut dire que l'argent se substitue au sodium. C'est ainsi qu'un vase plein de mercure est bien différent du même vase plein d'eau ; car le rapport qui existe entre le mercure et le vase diffère à plusieurs égards, tels que la pression et l'adhérence, du rapport qui existe entre l'eau et le vase ; mais ces deux rapports ont cela de commun que, dans les deux cas, le vase est *plein*. De même, on dit que le chlore est *saturé* par le sodium ou l'argent, bien que la combinaison ne soit pas également intime et stable dans les deux cas.

Nous pouvons aussi considérer cette double décomposition sous cet autre point de vue : de même que l'argent et le sodium se sont substitués l'un à l'autre, de même aussi le chlore s'est substitué au *reste* de ce qui constitue le nitrate d'argent, à la substance qui, dans le nitrate d'argent, n'est pas

(1) Ajoutons ici que, quoique Kekulé se soit servi de cette théorie avec le plus grand succès, et pour expliquer les faits déjà connus, et pour découvrir de nouvelles relations chimiques, il ne nie pas qu'il ne soit possible à des corps composés de se combiner entre eux pour former des combinaisons du second ordre.

de l'argent. En représentant cette action par des symboles, nous avons :



$$NaCl + AgOAzO^5 = AgCl + NaOAzO^5.$$

Cl et $OAzO^5$ se sont substitués l'un à l'autre.

Dans l'exemple précédent, un atome ou un groupe a remplacé un autre atome ou un autre groupe ; mais tous les cas de double décomposition ne se présentent pas d'une façon aussi simple. Si l'on traite l'eau par du pentachlorure de phosphore, on voit qu'il y a substitution entre 1 atome d'oxygène fourni par l'eau et 2 atomes de chlore, comme le montre l'expression suivante :



$$PhCl^5 + H^2O = PhCl^3O + 2HCl.$$

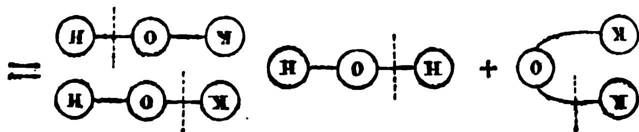
Ainsi, tandis que les 2 atomes d'hydrogène étaient d'abord combinés avec 1 atome d'oxygène pour former une molécule d'eau, après l'échange, chacun des atomes d'hydrogène s'unit à un atome de chlore, ce qui donne pour résultat 2 molécules d'acide chlorhydrique.

Par conséquent, dans ce cas, et peut-être dans tous, l'oxygène présente deux rapports différents, tandis que l'hydrogène, le chlore, l'argent et le sodium n'en offrent qu'un seul.

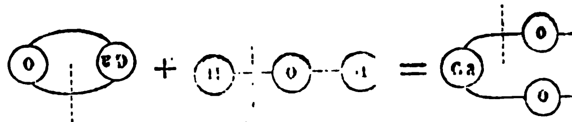
On prouve de la même manière que tous les corps simples ont chacun leur *atomicité*, c'est-à-dire qu'ils présentent chacun un nombre différent de rapports. C'est de cette *polyatomicité*, ou, si l'on aime mieux, de cette *multiplicité de rapports*, que vient le caractère complexe des corps composés ; il est évident, en effet, que la combinaison de plusieurs atomes à rapports multiples peut produire une structure chimique très-compliquée.

Un corps composé qui n'est formé que de 2 atomes, comme par exemple le chlorure de sodium, ne peut évidemment se décomposer que d'une seule façon : mais une substance complexe, contenant un plus grand nombre d'atomes, peut se décomposer de différentes manières sous l'action de différents corps, et c'est ce qui arrive le plus souvent. Ce n'est qu'en étudiant tous les modes de décomposition d'une substance, et aussi ses modes de formation par voie de double décomposition, que nous pouvons parvenir à connaître la structure de cette substance, c'est-à-dire les rapports qui existent entre ses atomes.

Mais les rapports multiples que présentent certains atomes viennent encore compliquer la question, en donnant lieu à un genre d'action chimique qui est toujours un échange, mais qui ne peut plus s'appeler une double décomposition. Dans la double décomposition, nous avons vu chaque molécule se séparer en parties qui changent de place avec les parties de l'autre molécule ; ainsi la décomposition résulte de la rupture d'un ou de plusieurs rapports entre des couples d'atomes. Mais, dès que nous avons des atomes à rapports multiples, il se peut que la rupture ait lieu sans que les parties se séparent, si elles sont retenues en combinaison par quelque autre rapport de leurs atomes. Pour mieux nous faire comprendre, comparons l'action de la potasse anhydre, K^2O, avec celle de la chaux vive, CaO, sur l'eau. Ces deux actions peuvent se représenter par la figure suivante :



et



Les lignes pointillées indiquent la rupture des rappor l'on peut voir que, dans le premier cas, cette rupture a une séparation en deux parties, tandis que, dans le se il n'y a pas de séparation à cause du double rapport d tome de calcium.

De cet examen de l'échange chimique il résulte q cune opération de ce genre ne peut modifier l'*atomicité* atome, puisque chaque rapport rompu est remplacé p autre. Mais nous n'avons aucune raison de supposer toutes les actions chimiques soient de cette nature ; un g nombre de phénomènes s'expliquent bien difficilement s n'admet l'existence d'un autre genre d'action chimique, lequel le nombre des rapports d'un atome peut augm ou diminuer. Telles sont les actions par lesquelles nous sons d'une série de combinaisons à une autre. Ainsi les rites sont liés entre eux par voie d'échange ; mais il faut recours à de nouvelles hypothèses pour expliquer ainsi le sage des ferrites aux ferrates. Il en est de même pou manganites et les manganates, pour ces derniers et les manganates : chaque groupe considéré isolément donn pour le manganèse, une atomicité différente.

Il serait facile de multiplier ici les exemples. Quoi qu' soit, nous avons mieux aimé considérer chacune de ces à part que de nous exposer à affaiblir en ce moment la rie de la structure chimique, en essayant de ramener les actions chimiques à une loi unique. La théorie act n'est probablement pas destinée à rester sous la même f dans l'édifice de la science ; mais c'est au moins un écha dage fort commode, qu'il serait difficile de remplacer et faut se garder d'abattre trop tôt.

Après avoir montré le sens que nous attachons à l'ex sion *structure chimique*, et la façon dont nous arrivo connaître cette structure en étudiant l'histoire d'une stance et ses différents modes de formation et de décon sition, il nous reste à dire quelques mots des rapports existent entre la structure chimique d'un corps et ses priétés physiques et physiologiques.

Nous allons considérer plus particulièrement deux des priétés physiques de la matière, la volatilité et la coul et chercher quelles modifications elles subissent toutes fois qu'on soumet un corps à certaines opérations chimiq déterminées.

La volatilité d'un corps dépend de deux conditions : 1° sa température d'ébullition sous une pression détermi 2° du changement du point d'ébullition avec la pression donc nous voulons bien connaître la volatilité d'un corps faut commencer par en déterminer le point d'ébullition p une échelle de pressions assez étendue. C'est là un tra considérable, et il n'y a qu'un petit nombre de corps aient été complétement étudiés à ce point de vue.

Presque tout ce qu'on sait sur cette question si inté sante est dû aux recherches patientes et ingénieuses M. Regnault. Mais il n'y a pas encore là assez de donn pour que nous puissions en conclure rien qui approche d'

ui est évident, c'est qu'il ne suffit pas, pour y arriver, arer les points d'ébullition sous une pression choisie ement, comme celle de $0^m,76$, qui est la pression de l'atmosphère, car très-souvent les points d'ébul- deux corps changent d'une manière fort inégale ression. Plusieurs savants, et surtout Kopp, ont com- points d'ébullition d'un grand nombre de corps, et taté une série de coïncidences fort intéressantes, ne sont assurément pas dues au hasard. Ce physicien a montré que, dans un très-grand nombre de cas, le hangement de structure chimique amène presque le angement pour le point d'ébullition. Ces *lois de Kopp* que des approximations, et encore cessent-elles d'être dès que le point d'ébullition des corps que l'on com- re eux est modifié d'une manière différente par le nent de pression.

s passons maintenant à la couleur des corps, nous ns immédiatement une régularité bien marquée. Gé- rale, les corps de la même série diffèrent les uns des plutôt par le degré d'intensité que par la nature de la ; au contraire, en passant d'une série à une autre, le e de la couleur change complétement. Pour s'en con- on n'a qu'à comparer ensemble, sous le rapport de la les ferrites et les ferrates, les manganites, les man- et les permanganates, les cuprites et les cuprates, les s, les chromates et les perchromates. Peut-être faut- même loi dans les changements de couleur que ervons lorsque la rosaniline et ses dérivés se trans- en leucaniline et en corps analogues, ou quand l'in- se change en indigo blanc. Notons encore comme fait ant que, tandis que les produits de substitution nitreuse ie aromatique sont en général jaunes, toutes les sub- connues de la même espèce dans la série des corps incolores.

nsidérations de couleurs nous portent naturelle- penser que l'action par laquelle on passe d'une série tre diffère de celle par laquelle on passe d'un terme tre dans la même série. Si nous examinons l'action gique des corps de la même série par rapport à celle de deux séries différentes, cette impression se trouve onfirmée.

fesseur rappelle ici en détail quelques observations u faire dans les deux dernières années avec le doc- R. Fraser ; il insiste sur la similitude d'action des s de la même série, et au contraire sur la diffé- appante que présentent dans leur action physiolo- s composés de séries différentes. Il prend surtout mples les alcaloïdes végétaux, groupe qui présente ns le rapport de 3 à 1, et les dérivés des alcaloïdes ennent l'azote dans le rapport de 5 à 1. Il fait voir els des alcaloïdes, quoiqu'ils contiennent de l'azote apport de 5 à 1, ne sont pas de bons termes de com- à cause de la facilité avec laquelle ils perdent leur présence des corps alcalins, et reviennent ainsi au le 3 à 1.

ps formés par l'addition d'un composé du méthyle cet inconvénient; comme leur azote présente un table de 5 à 1, leur action physiologique peut se d'une manière satisfaisante avec celle des alca- x-mêmes.

périences sur l'action de la strychnine et des sels méthylo-strychniques donnent les résultats suivants : tandis que la strychnine agit en *excitant* l'origine des nerfs sensitifs de la moelle épinière, les sels méthylo-strychniques *diminuent l'action* des *extrémités* de ces mêmes nerfs à leur point de jonction avec les muscles, et finissent par les paralyser entièrement. La brucine et le méthylo-brucium, la thébaïne et les sels méthylo-thébaïques, la morphine et les sels méthylo-morphiques, présentent les mêmes différences. Et, d'une manière générale, on peut dire que, d'après toutes les observations faites jusqu'ici, le composé où l'azote présente le rapport de 3 à 1 exerce une action qui diffère tout à fait par sa nature de l'action des corps analogues où l'azote se trouve dans le rapport de 5 à 1. La même différence existe entre les combinaisons contenant 3 atomes et celles qui en contiennent 5 dans le reste de la série azotée ; et le principe paraît pouvoir s'appliquer d'une manière encore plus étendue, et peut-être entièrement générale.

Signalons, en terminant, l'intérêt particulier qui s'attache à ces régions du vaste domaine des sciences qui sont situées sur les frontières de deux provinces distinctes; c'est en explorant ces régions que nous pouvons espérer arriver un jour à fondre toutes les sciences physiques en une seule, la science de la dynamique, la science qui traite de la matière et de la force et de leurs relations entre elles. Sans doute, nous sommes encore bien loin du but ; mais nous voyons maintenant s'accomplir, sur la limite qui sépare la chimie de la physique, ce lent travail d'absorption qui a déjà transformé d'une manière plus ou moins complète, en dépendances des mathématiques appliquées, les théories autrefois indépendantes du son, de la lumière, de la chaleur, de l'électricité et du magnétisme. Pour quiconque croit à l'unité du plan de la création, il est évident que cette idée doit marcher toujours et finir par triompher.

A. Crum Brown.

— Traduit de l'anglais par Battier. —

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

M. CL. GAY.

Le tremblement de terre arrivé en août 1868 dans l'Amérique méridionale.

L'Académie se rappelle sans doute qu'en 1868 les journaux de l'Amérique et de l'Europe parlèrent très-longuement d'un terrible tremblement de terre, survenu le 13 août dans le Pérou, et qui eut pour résultat la mort de milliers d'habitants et la destruction presque totale d'Arequipa, Tacna, Arica et de plusieurs autres villes non moins importantes. Presque en même temps, les journaux de l'Équateur nous apprenaient que ce même événement s'était produit plus formidable encore dans cette République, et que la province d'Imbabura avait été entièrement bouleversée dans la nuit du 16, c'est-à-dire trois jours après le tremblement du Pérou, enterrant dans ses décombres plus de 54 000 personnes, sur les 80 000 qu'elle comptait. Parmi les villes qui avaient le plus souffert, ils citaient sa capitale, Ibarra, où seulement 500 âmes sur 12 000 avaient été épargnées; Otavalo, qui fut encore plus éprouvée, puisque tout le monde y périt ; et Catachi, qui disparut entièrement et fut remplacé par un lac d'eau bourbeuse.

Une catastrophe si épouvantable dut nécessairement impressionner la société entière, porter une vive inquiétude dans son sein, et exciter, d'un autre côté, l'intelligence et la sagacité des savants nationaux et étrangers. Les gouvernements de ces deux républiques y donnèrent toute leur attention, et des commissions furent nommées pour aller étudier, sur les lieux, les effets de ce bouleversement et faire connaî-

tre en même temps tout ce qui pourrait intéresser les sciences physiques et géologiques. En attendant la publication de ces études, un chimiste et géologue très-distingué, M. Domeiko, grand-maître de l'Université de Santiago, a cru devoir faire une enquête sur tout ce qui s'est passé en ce moment au Chili, et je crois utile de présenter à l'Académie les résultats de cette enquête, d'après le mémoire en langue espagnole qu'il vient de publier.

Pour ne rien omettre de ce qui pouvait intéresser cette question, M. Domeiko a cherché tout d'abord à se rendre compte de l'état du ciel pendant les jours qui ont précédé et suivi ce douloureux événement. Ce travail lui était extrêmement facile, grâce à ce réseau d'observatoires qui sillonnent aujourd'hui le Chili, tant dans le nord que dans le sud ; ils sont dirigés par des personnes instruites et disciplinées, qui avec unité de méthodes observent, à des heures convenues, pouvant ainsi régulariser les observations et les ramener à des périodes uniformes. Sans vouloir rien préjuger sur les résultats de ce premier travail et sans lui donner une grande importance dans le cas actuel, puisque les observateurs étaient très-éloignés du centre d'action, M. Domeiko observe cependant que, dans la nuit du 13 au 14, le thermomètre descendit d'une manière notable dans tout le Chili, et que cet abaissement fut suivi, le 15, d'une ascension assez forte et nullement en rapport avec la température normale de la saison. Les autres observations, sur la pression barométrique, les pluies et les vents, lui ont fourni des éléments encore moins concluants, mais il n'en eût peut-être pas été de même si l'on eût étudié dans ce moment l'état électrique de l'air et surtout les variations diurnes de l'aiguille aimantée, dont les observations continuées par le R. P. Cappelleti avaient été fatalement interrompues pendant toute la durée de ce mois. Ces observations auraient peut-être donné une nouvelle preuve de la dépendance que l'on soupçonne exister dans ces deux ordres de phénomènes.

En 1835, en effet, un semblable événement arriva dans le Chili, bouleversant toute la province de Conception et détruisant de fond en comble plusieurs grandes villes. Je me trouvais alors à Valdivia, occupé de ces sortes de variations, et à ma grande surprise je notais des amplitudes beaucoup plus fortes qu'aux jours ordinaires, sans que l'aiguille fût affolée. J'attribuais presque cette anomalie à la présence d'une aurore australe invisible à l'endroit où j'observais, lorsque, quelques jours après, survint ce terrible tremblement de terre dont nous ressentîmes fortement le choc. Cette coïncidence entre ces deux phénomènes me fit croire à leur liaison, et, dans un mémoire, je faisais pressentir la possibilité d'obtenir un instrument d'avertissement pour mettre au moins les habitants à l'abri de cet épouvantable fléau. Les tremblements de terre, il est vrai très-faibles, que je ressentis dans la suite, ne donnèrent que très-rarement raison à cette conjecture, mais il paraîtrait, d'après une lettre du R. P. Cappelleti au savant P Secchi, que ce professeur de physique aurait constaté plusieurs fois cette perturbation, et que plusieurs années d'observations lui auraient prouvé une certaine influence des tremblements de terre sur l'aiguille aimantée, observation qui a été aussi faite dans l'observatoire de Quito. Il est donc à regretter que, dans cette triste circonstance, l'observation ne soit pas venue donner un nouvel élément à la discussion d'une hypothèse soutenue par des savants de grande autorité et niée par d'autres d'une illustration non moins avouée.

Le tremblement de terre de 1868 a eu son centre d'ébranlemont entre 16 et 18 degrés de latitude sud, c'est-à-dire entre Arequipa et Arica, et dans la direction du sud-sud-est au nord-nord-ouest. La secousse, uniquement horizontale, fut d'abord assez faible, presque sans bruit ; mais elle augmenta de plus en plus d'intensité, de sorte que deux minutes après, les maisons, les églises, etc., tombaient avec fracas et remplissaient les rues de leurs débris, en obscurcissant le jour de leur poussière et portant la désolation dans le cœur de ceux que la Providence avait sauvés. Pendant plusieurs jours, la terre continua ses convulsions, surtout à Arica ; et à Tacna, le 17, on avait déjà compté 180 oscillations beaucoup plus faibles, mais très-distinctes. La première, arrivée à Arica le soir à 4^h38^m, temps moyen, se faisait déjà sentir à 4^h46^m à Lima, éloignée de 1040 kilomètres, et à 4^h52^m à Copiapo, dont la distance est de 1000 kilomètres. La vitesse de propagation fut donc très-considérable et plus grande encore du côté du nord que du côté du sud. D'après un calcul assez approximatif, M. Domeiko établit qu'elle a été de 170 à 172 kilomètres par minute du côté de Lima, c'est-à-dire vers le nord, et de 125 à 130 kilomètres du côté de Copiapo. Dans cette dernière ville, située à 27°20′ latitude sud, le mouvement s'est encore fait sentir ; mais à Corrizal-Bajo, à moins d'un degré de différence, les habitants n'en ont eu qu'un sentiment vague, le phénomène ne s'étant manifesté que par un bruit prolongé sans aucune agitation de terrain. Un fait assez notable, c'est que, malgré la force et l'étendue de ce trem[blement] de terre, il n'y eut ni soulèvement ni dépression du sol, n'est dans les nitrières du Pérou, où quelques tranchées s'ouvr[irent] en vomissant de l'eau dans les environs. Les volcans ne donnère[nt] non plus le moindre signe de perturbation, et c'est aussi ce qui a au Chili lors du tremblement de 1835, malgré la présence, dan[s les] Cordillères, de quelques volcans en activité. Je me trouvais, da[ns ce] moment, près de celui de Llanquihne, qui ne cessait de jeter des fu[mées] sans que celles-ci fussent augmentées ni diminuées. Toutefoi[s les] terrains de quelques localités de la province de Conception fure[nt] peu soulevés, surtout dans les environs d'Aranco, et des rivière[s que] l'on ne pouvait traverser qu'en bateau perdirent assez de leur p[rofon]deur pour pouvoir, dès ce moment, être passées à gué. De semb[lables] perturbations de terrain ont également eu lieu, en 1868, dans la [pro]vince d'Imbabura.

Par suite de ces violentes secousses de l'écorce terrestre, les [eaux] de la mer furent fortement agitées, donnant lieu à des vagues imm[enses] et d'une étendue considérable. Ce fut un raz de marée prodigieux se déroula dans l'immensité de l'océan Pacifique, se faisant sentir d[e] Acapulco jusqu'à Chiloe et depuis le Pérou jusqu'à la Nouvelle-Zél[ande,] Sidney et probablement encore plus à l'ouest.

M. Domeiko s'est principalement occupé de ce raz de marée dans le Chili, a gagné plus de 2000 kilomètres de côte, et, grâ[ce aux] renseignements obtenus de plusieurs personnes intelligentes et d[e con]fiance, il a pu donner quelques détails sur les effets qu'il a produ[its].

Les vagues n'ont pas été de la même force sur tous les points [de la] côte. Faibles entre Cobija et Mejillones, localités peu éloigné[es du] foyer principal, et de même entre Tongoi et Constitution, e[t dans] l'Araucanie, elles ont été, au contraire, assez violentes entre C[obija] et Coquimbo, entre Constitution et Aranco, et entre Valdivia et C[hiloe]. M. Demeiko attribue cette curieuse irrégularité d'alternance, no[n aux] ondes seimiques concentriques développées sur une grande é[tendue,] mais à la configuration de la côte Son opinion s'appuie sur c[elle de] MM. Godoy et Ochserrius, qui ont observé que toutes les baies o[uvertes] dans la direction de ces courants, c'est-à-dire au nord-nord[-ouest,] n'ont été que faiblement agitées lorsqu'elles sont protégées par u[n] promontoire, et c'était tout le contraire lorsqu'elles étaient priv[ées de] cet abri. C'est là la seule explication qu'il puisse admettre, malg[ré que] quelques exceptions viennent contrarier la généralité de la r[ègle]. Valparaiso, par exemple, ces vagues ont été peu sensibles, et [cepen]dant sa grande rade se trouve dans la même disposition que cel[le de] Constitution, où les effets ont été très-notables et désastreux.

Comme on devait s'y attendre, ces vagues ont été d'autant plus [fortes] qu'elles étaient plus près du centre d'ébranlement, et elles ont [dû se] manifester aussi à des heures différentes. A Arica, elles ont com[mencé] à 6 heures du soir, tandis qu'elles ne se sont fait sentir qu'à 10 [heures] à Chiloe, et le surlendemain, le 15 août, à 5 heures du matin, [à Sid]ney et à la Nouvelle-Zélande, en y produisant des dégâts de q[uelque] valeur. Cette marche a été aussi un peu irrégulière, puisque, par [les] localités citées par M. Domeiko, on voit que le mouvement s'est e[ffectué] dans quelques-unes plus tôt que dans d'autres, quoique celles-ci [étaient] un peu plus près du foyer. Il est probable que cette différence e[st en]core due à la configuration de la côte, ou peut-être à l'impos[sibilité] qu'il y a d'étudier avec calme et exactitude un phénomène qui [donne] si vite le vertige par ses terribles conséquences. Quant à la vites[se des] courants, suivant les informations de quelques capitaines de n[avire,] elle n'était guère que de 7, 8, 10 milles, ce qui ne donne aucu[ne dif]férence notable avec celle des courants ordinaires et constants.

M. Domeiko continue toujours son enquête, recueille tous le[s jours] de nouveaux documents. La science possédera alors un Mémoir[e] complet et parfaitement étudié sur ce formidable tremblement de [terre,] un de ceux que l'histoire conservera comme souvenir d'une ép[ouvan]table calamité et peut-être comme un des plus grands phénomèn[es géo]logiques sous-marins qui se soient produits depuis plus d'un siè[cle. Ce] qui semble le prouver, c'est que je lis dans d'autres journaux [que] mois après on entendait encore des bruits souterrains à Talcahu[ano et] que l'eau de la mer, toujours fortement agitée, était tellement c[haude] que de nombreux coquillages avec leurs animaux à peu près cuits [étaient] jetés sur la plage.

CL. GAY

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLI[ÈRE]

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON 2

REVUE
DES
[C]OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[SI]XIÈME ANNÉE — NUMÉRO 39 — 28 AOUT 1869

Paris, 27 août 1869.

[Ja]cobi a présenté à l'Académie des sciences de Saint-[Péters]bourg un rapport relatif à la confection d'étalons pro-[totypes] des poids et mesures métriques. Ce document, envoyé [par l'A]cadémie des sciences de Saint-Pétersbourg à l'Acadé-[mie de]s sciences de Paris, y a provoqué une discussion et la [nomin]ation d'une commission spéciale au nom de laquelle [M. Du]mas a présenté immédiatement un rapport. M. Dumas [rappel]le que la République française avait convié les na-[tions é]trangères à prendre part aux travaux scientifiques qui [devaie]nt constituer les bases du système métrique, et que [plusieu]rs-unes envoyèrent effectivement des délégués. Le sys-[tème] métrique est donc essentiellement une œuvre interna-[tional]e, comme le proclamaient ses auteurs, et il n'y a dès [lors au]cune raison d'amour-propre national pour nommer [une no]uvelle commission, ainsi que le demande M. Jacobi. Il [n'y a n]on plus aucune raison scientifique. Les types du mètre [et du k]ilogramme conservés aux Archives doivent être main-[tenus c]omme base du système, malgré les travaux géodésiques [récent]s, et il n'y a rien à changer aux mesures aujourd'hui [en vig]ueur pour fournir des étalons aux nations étrangères.

[M]. Chapelas-Coulvier-Gravier, qui continue au Luxembourg [les obs]ervations météorologiques organisées par son beau-père [Coulvi]er-Gravier, a communiqué à l'Académie des sciences [les] le résultat de ses observations sur le flux périodique [des étoil]es filantes des 9, 10 et 11 août 1869.

[Voic]i les nombres horaires moyens à minuit, ramenés à un [ciel se]rein, obtenus pendant ces trois nuits :

[Le] 9 (nombre fourni par la courbe). . . .	40 étoiles.
[Le] 10 (nombre fourni par l'observation). .	53 —
[Le] 11 —	33,9 —
[Po]ur les trois nuits.	42,3 —

[Le] 12, le nombre horaire moyen était déjà descendu à [...]. Comme toujours, le maximum s'est produit le 10 ; son [plus fai]ble moment étant entre onze heures et minuit, à raison [de ...] par minute. Sur 284 étoiles observées pendant les nuits [du 10] et du 11, on a :

149 étoiles filantes de 1re, 2e et 3e grandeur,
135 » de 4e, 5e et 6e grandeur,

[dont] 37 seulement de sixième taille. Enfin, sur ces 284 mé-[téores], 59 ont offert de belles traînées, dont quelques-unes [présen]taient des nuances assez variées. Comme toujours, elles [n'acco]mpagnaient que les trois premières grandeurs d'étoiles [filante]s, et se montraient plus nombreuses pour la première [que p]our les deuxième et troisième.

Cette dernière observation présente un grand intérêt, quant à l'origine de ces traînées. On sait que, sur ce point, les opinions ont été bien partagées. Quelques observateurs ont prétendu que toutes les étoiles filantes étaient accompagnées de traînées, confondant évidemment la traînée proprement dite avec ce trait de feu décrit par l'étoile filante comme par tout point lumineux qui se déplace dans l'espace avec une grande rapidité. D'autres voient dans ces traînées l'effet d'un courant atmosphérique contraire, agissant sur le météore; ce qui est impossible, puisque la traînée n'existe que pour les étoiles d'une certaine grandeur.

Quand on réfléchit que les diverses grandeurs d'étoiles filantes nous indiquent la hauteur plus ou moins grande à laquelle ces météores circulent dans l'atmosphère, on voit de suite que ceux de 1re, 2e et 3e grandeur effectuent leur trajectoire dans des couches atmosphériques plus rapprochées de nous, et par conséquent plus denses que celles où l'on observe les étoiles filantes de 4e, 5e et 6e grandeur. Les météores de la première catégorie rencontrent donc un obstacle plus considérable que ceux de la deuxième ; et, par suite de la résistance de l'air, leur matière doit s'épancher, et former derrière eux comme une sorte de sillage lumineux qui constitue la traînée.

L'observation nous montre aussi que les traînées qui accompagnent les étoiles filantes de 1re grandeur sont beaucoup plus compactes que les autres; ce qui doit être en effet, puisque l'effusion de matière doit être plus considérable quand la résistance est plus grande.

CONFÉRENCES OUVRIÈRES DE BERLIN

M. R. VIRCHOW
Correspondant de l'Institut de France

Les hôpitaux et les lazarets

On trouverait difficilement en Europe une seule ville quelque peu ancienne qui ne possédât pas un ou plusieurs hôpitaux. Ce sont, il est vrai, le plus souvent de petits établissements sans apparence, parfois abandonnés et tombant en ruine, et l'on passe en général devant eux en ne les honorant que d'un regard fugitif. Cependant ces établissements sont pour nous d'un grand intérêt au point de vue de l'histoire de la civilisation. Essayons d'exciter cet intérêt, et, s'il est possible, efforçons-nous de le perpétuer ; car, même pour ceux qui demeurent étrangers au mouvement des hôpitaux, l'histoire de ces établissements peut avoir une haute valeur morale.

Au milieu des variations infinies que présentent les phéno-

[illegible] au milieu de ses transformations successives qui, à chaque jour, à chaque heure, s'opèrent en nous et dans le monde qui nous entoure. Il faut chercher des points d'arrêt qui permettent à notre esprit de s'expliquer ces changements, de porter un jugement sur la mesure et sur le but du mouvement qui nous emporte d'une manière irrésistible. Partout ici l'observateur cherche certaines limites d'après lesquelles il puisse évaluer la marche des changements qui se sont opérés dans les temps plus ou moins reculés. Ici un rocher qui prédomine est comme le dernier vestige d'une montagne dont les débris sont dispersés; là un arbre gigantesque et solitaire est le dernier témoin d'une forêt antique qui occupait la place où s'étend aujourd'hui un vaste champ de blé. C'est ainsi qu'au milieu de ce pêle-mêle que présente l'histoire du monde, brille çà et là le nom d'un homme qui, pendant une longue époque, a fixé la pensée des peuples.

Mais ce ne sont pas toujours les événements mémorables qui nous fournissent dans cette étude les indications les plus sûres; et l'observateur attentif sait, avec quelques débris, reconstruire l'histoire du passé. Un petit échantillon de terrain, d'une certaine nature minérale, indique la position qu'occupait une vaste surface du sol dans la construction de la terre. Une humble plante peut fournir des notions sur le contenu salin d'une vaste plaine qu'occupait autrefois le fond d'une mer. De même, dans l'histoire du développement de l'humanité, une œuvre sans apparence peut caractériser bien plus l'esprit de l'époque où elle fut accomplie que de grands et de brillants exploits qui captivèrent pendant un certain temps l'attention universelle.

Au milieu de l'histoire politique des peuples, au milieu des combats douloureux entre les nationalités et les partis, combats souvent interrompus, mais tout aussi souvent repris, l'histoire de la civilisation a suivi différentes voies.

Ce ne sont pas seulement les grands qui ont joué un rôle dans l'acte de la civilisation : chaque individu en particulier a eu sa part ; aussi bien l'homme qui porte le fardeau du jour au service de la société que la mère de famille qui donne de nouvelles générations. Les travaux de chacun ont été évalués finalement avec une commune mesure, et ils ont été estimés d'après la valeur qu'ils ont possédée au point de vue de l'avancement de l'humanité, suivant qu'ils ont contribué à soulever les obstacles qui arrêtaient chaque individu pris isolément, suivant qu'ils ont contribué à briser les entraves de sa propre faiblesse.

Si nous nous demandons quelle a été la signification de chaque événement de l'histoire au point de vue de l'humanité, de la liberté, du perfectionnement des hommes, nous trouverons, par de calmes réflexions, le véritable jugement que nous devons en porter. La force brutale a-t-elle jeté un individu dans l'abandon, le sentiment de l'humanité le relève et lui procure l'assistance nécessaire pour poursuivre son chemin vers le but commun. L'ambition enlève-t-elle au voisin le fruit de longs labeurs, le dévouement tend la main à l'étranger pour accomplir l'œuvre de l'amour du prochain. Quels contrastes ! Cependant ces choses se passent chaque jour devant nos yeux, et ce n'est point certainement la moindre preuve des progrès de la civilisation que de voir l'esprit vraiment humain s'efforcer et réussir d'autant plus à atténuer les effets de l'adversité, à mesure que celle-ci devient plus acharnée.

De quelque manière que l'on considère l'ac[illegible] maine, il n'y a peut-être rien de plus propre à [illegible] cette vérité que l'histoire des soins hospitalie[illegible] guerre des temps modernes a contribué à appor[illegible] grès dans cette voie. L'exemple puissant qui a [illegible] dans la guerre de Crimée, et qui a été suivi dan[illegible] d'Italie, a conduit à des résultats aussi étonnants [illegible] pendant la grande guerre d'Amérique. Avec que[illegible] ment humanitaire notre peuple s'est-il conduit [illegible] nière guerre ! Quels nobles devoirs accomplis, al[illegible] ou ennemis étaient l'objet de la même sollicitud[illegible] dévouement ! Du centre effroyable des mêlées [illegible] des devoirs les plus élevés de la civilisation, et [illegible] tous un but vers lequel doivent tendre nos effort[illegible]

En effet, lorsqu'on jette un regard sur l'histoir[illegible] trouver rien qui caractérise mieux les actes [illegible] mains que les soins donnés aux malades et a[illegible] Parmi toutes les organisations humanitaires, il n'e[illegible] qui soit plus élevée au-dessus des actes ordinair[illegible] au-dessus des misérables passions du monde, qu[illegible] tion d'un hôpital administré dans le véritable [illegible] quel il a été établi : aucune ne marque mieux l[illegible] la société considérée dans le passé et dans le prés[illegible]

Le nom d'hôpital, expression latine, pourrait fa[illegible] que ces établissements furent d'origine romaine [illegible] a de vrai en ceci que le nom et non la chose. Les R[illegible] plus que les Grecs ni les Juifs (1), ne possédèrent au[illegible] sement humanitaire comparable à nos hôpitaux. C[illegible] mains, il y avait des maisons, ou plutôt des cha[illegible] nées à recevoir des hôtes étrangers (*hospites*) : c[illegible] propriétés privées que possédaient seulement les [illegible] ils exerçaient l'hospitalité envers ceux qui le[illegible] par des liens particuliers, et l'on pourrait dire pa[illegible] C'est le christianisme qui a fait de ces maisons h[illegible] des maisons destinées aux malades.

Je ne me rangerai pas néanmoins à l'opinio[illegible]

---

(1) Le caractère essentiellement chrétien que j'ai att[illegible] discours au développement des hôpitaux a paru, à quelqu[illegible] auditeurs, blesser le judaïsme. J'ai déjà publié une lettr[illegible] envoyée à ce sujet (voyez mes *Archives d'anatomie path[illegible] physiologie et de médecine clinique*, vol. XLIV, p. 144). [illegible] marquer expressément qu'il s'agit pour moi d'une questi[illegible] historique, dans laquelle les pensées secondaires religieu[illegible] sionnelles sont tout à fait reléguées au loin, et il me sem[illegible] la solution de cette question, les susceptibilités religieus[illegible] sionnelles sont tout à fait déplacées. C'est un fait histo[illegible] Juifs, toutes les fois qu'ils fondèrent un État, ne constru[illegible] hôpital, ni pour eux-mêmes, ni pour les étrangers, et q[illegible] dispersion, ils n'exercèrent aucune influence déterminée [illegible] sation de l'assistance des malades. Je sais bien qu'il était [illegible] Juifs d'aimer comme eux-mêmes un étranger qui habit[illegible] (*Moïse*, 3, 19, 33 et 34), mais l'État juif était fondé sur [illegible] même, sur une exclusion absolue, et il était forcé d'agi[illegible] qu'il était un État hiératique. Il accomplissait la prophéti[illegible] voreras tous les peuples que le Seigneur ton Dieu te donner[illegible] épargneras pas. » (*Moïse*, 5, 7, 16.) Il ne faut pas oublier [illegible] le judaïsme actuel de nos jours, même celui qui est orthod[illegible] complétement de ce judaïsme des temps anciens, et que, [illegible] sion des siècles, le judaïsme a beaucoup oublié et beau[illegible] qu'il a beaucoup appris de ce que nous appelons chrétien [illegible] historique, mais qu'on pourrait aussi bien appeler humain [illegible] philosophique. Pour ma part, je n'hésite nullement à rec[illegible] le judaïsme moderne et libéral a beaucoup contribué à [illegible] noyau vraiment humanitaire du christianisme, noyau rev[illegible] grand nombre d'enveloppes dogmatiques, et qu'il a contribu[illegible] à l'implanter dans la conscience universelle.

endent qu'il n'existait pas d'hôpitaux avant le chris-
. Je pense, au contraire, que toute civilisation
ucit les mœurs à un certain degré, et resserre
s de la société, doit conduire finalement à la fonda-
tablissements de cette nature. Prescot nous apprend
Espagnols trouvèrent des hôpitaux à leur arrivée à
Il existait également dans les anciens pays civilisés
ent des règlements relatifs aux malades, bien avant
sement du christianisme. Un ouvrage cingalique, le
nso (1), contient l'énumération des divers établisse-
anitaires, parmi lesquels se trouve un hôpital que
bhayo, roi de Ceylan, 437 ans avant Jésus-Christ,
t ériger dans sa résidence appelée Anaradhapura. De
n de ses successeurs, le roi Dutthagamini, qui mou-
ans avant Jésus-Christ, se fit faire avant sa mort le
ses bienfaits, et dans ce récit il est dit : « J'ai entre-
stamment avec abondance divers hôpitaux dans dix-
alités différentes, et j'ai fait préparer par des méde-
remèdes pour les malades. » Les Hindous possédaient
itaux non-seulement pour les hommes, mais encore
animaux (2). Les données bouddhiques les plus an-
sur les hôpitaux, données fournies par les inscriptions
dasis ou Acotas, s'étendent jusque vers la moitié du
e siècle avant Jésus-Christ, et, si l'on réfléchit que le
sme s'était déjà propagé auparavant vers l'ouest, que
ent, au commencement de notre ère, il avait péné-
u'au Caboul et dans la Bactriane, il faut admettre
xercé son influence à une distance plus considérable.
, c'est dans l'Asie Mineure et dans la Perse que nous
s'établir les premiers hôpitaux chrétiens (3).
t moi, ce n'est amoindrir en rien l'influence exer-
a civilisation chrétienne sur l'établissement des soins
iers, que de reconnaître les services rendus par les
eligions.
'et, dans le christianisme, ce n'était plus simplement
un acte agréable à Dieu, ni le sentiment unique de la
nce qui inspirait le soin des malades et des infirmes,
ces deux sentiments exerçassent assurément une cer-
fluence ; mais il y avait en outre, et surtout au début
tianisme, un vrai amour du prochain, et ce qui était
ore, l'esprit de la communauté dans la société chré-
deux sentiments qui firent faire de si grandes choses.
reau mouvement qui avait pris naissance dans le sein
mmunauté, dans le diaconat, se propagea et atteignit
n amplitude dans la fondation des hôpitaux. Lorsque
tianisme fut devenu religion d'État, il parut tout à
urel que des empereurs et des rois fondassent des
, et lorsqu'enfin la bourgeoisie des États modernes
édé à la communauté religieuse du moyen âge dans
le soin des pauvres et des malades, elle trouva toute formée une organisation complète relative au soin des malades. Mais malheureusement, les grandes pensées des premiers chrétiens avaient été déjà oubliées bien des fois, ou du moins elles s'étaient considérablement affaiblies : c'est pourquoi les services rendus par la bourgeoisie des États modernes furent pendant longtemps presque toujours défectueux. Il est bon de citer quelques exemples appropriés pour donner une idée claire de cet état des choses, tel qu'il existait autrefois (1).

Berlin est à la vérité une ville relativement nouvelle, mais pourtant assez ancienne pour qu'elle puisse nous fournir des exemples touchant les divers côtés de l'histoire des hôpitaux. Nous trouvons d'abord, dans les temps les plus reculés de son histoire, trois hôpitaux : celui de Sainte-Gertrude, l'hôpital de Saint-George et l'hôpital du Saint-Esprit.

Quand aujourd'hui, étant parti de l'ouest, on est arrivé à la fin de la rue de Leipzig, et qu'on se dirige vers le Spittelmark (2), en passant sur le Spittelbrücke (3), on est surpris de plus en plus de l'apparence chétive et mesquine du Spittelkirche (4). Cette église est un monument des temps passés ; car, bien qu'elle ait été remise sous son aspect actuel en 1744, elle se trouve néanmoins édifiée sur l'emplacement de la vieille église de l'hôpital de Sainte-Gertrude, église qui probablement n'était pas plus grande, bien qu'elle fût moins dénuée d'ornements. Le pont, le marché et l'église ont tiré leur nom du Spittel qui est encore placé à côté, ou, comme on le dit, de l'hôpital de Sainte-Gertrude. A l'époque de sa fondation, dans les premières années du XVe siècle, dit-on, son emplacement était en dehors des murs, et les citoyens de la bonne vieille ville de Cologne sur la Sprée, qui habitaient au delà de la rivière, étaient obligés de passer par la porte de Gertrude et sur le pont de Gertrudre flanqué de tours, lorsqu'ils voulaient apporter des rafraîchissements aux personnes renfermées dans le Spittel. Il n'y a pas encore deux siècles que l'hôpital se trouvait en pleine campagne, sur le Heerstrasse (*route militaire*) qui, depuis l'antiquité, conduisait de l'Allemagne dans les pays méridionaux (5).

Quelle était la destination de cet hôpital ? Sainte Gertrude avait été abbesse à Nivelle, en Belgique, dans la seconde moitié du VIIe siècle, et les soins qu'elle avait eus pour les malheureux et les indigents avaient été pour plusieurs un sujet d'exemple. C'est pourquoi, dans plusieurs localités, on fonda en son honneur, en dehors des murs de la ville, devant les portes et les fossés, des maisons destinées à offrir un abri aux pèlerins et aux voyageurs. On ne trouvait nulle part autrefois ni hôtelleries ni auberges, telles que nous les en-

e Mohawanso, edited by George Turnour. Ceylon, 1837,
66, 196.
x. Burns, *Journal of the Royal Asiatic Society*, 1834, n° 1,

ser a soulevé les doutes qui existaient au sujet du rapport entre
ssements des Nestoriens en Perse avec ceux des Indes (voyez
e christlicher Krankenpflege und Pflegerschaften, Berlin,
105). Spence Hardy (*Eastern Monachism, an Account of the
Mendicants founded by Gotama Budha*, Lond., 1850,
lit expressément que les prêtres en voyage, mais jamais laï-
ent reçus et assistés dans les cloîtres ou dans les temples boud-
il ajoute qu'il n'y avait aucun bâtiment analogue aux xéno-
tenants à ces monuments.

(1) J'ai rapporté un grand nombre de faits discutés avec soin dans mes Mémoires sur l'histoire de la lèpre et des hôpitaux, particulièrement en Allemagne. (Voyez mes *Archives*, vol. XVIII, p. 138, 273 ; vol. XIX. p. 43 ; vol. XX, p. 166, 459.)

(2) *Marché de l'hôpital*. Le mot *Spittel* est une expression ancienne qui correspond au mot *Spital*.

(3) *Pont de l'hôpital.*

(4) *Église de l'hôpital.*

(5) Pour avoir un aperçu de cet état de choses, il est avantageux de consulter le plan de Berlin et de Cologne fait par Membard en 1648, plan qui a été reproduit dans une nouvelle édition de la *Chronique berlinoise*. On y voit en M, et au n° 11, les terrains d'alentour, avec l'église, l'hôpital et des jardins, etc., à l'extrémité d'une grande surface de champs entre les deux grandes routes qui conduisaient en Saxe et en Silésie. L'église possédait encore deux clochers. On a très-bien représenté en L l'église du Saint-Esprit.

tendons aujourd'hui ; la réception temporaire d'étrangers dans une ville paraissait, aux yeux de plusieurs personnes, non-seulement répréhensible, mais même dangereuse : c'est pourquoi on avait établi ces petites hôtelleries en dehors des portes à l'aide de dépenses volontaires ou de dons charitables, afin de ne pas priver tout à fait le voyageur d'abri et d'aliments. On les a appelées *Elends-Herbergen* (auberges de la misère), car la misère signifiait, au moyen âge, un étranger, une personne sans patrie. C'était en effet un homme sans feu ni lieu que ce pèlerin qui, pour expier ses péchés et pour accomplir un vœu, allait visiter la terre sainte. Dès les premiers siècles, quelques pèlerins se rendaient à Jérusalem; mais leurs émigrations eurent lieu surtout vers la moitié du VIIe siècle, à peu près vers l'époque où l'Orient commençait ses pérégrinations vers la Mecque et vers Médine, et l'on vit alors les croyants de France, d'Angleterre et d'Allemagne se diriger par milliers vers Rome. Bientôt on créa une certaine organisation : des routes régulières conduisirent vers la ville éternelle, et, dans chaque couvent qui se trouvait sur le chemin, à chaque pont jeté sur un courant difficile à traverser, enfin sur les hauteurs des passages des Alpes, on établit des hôtelleries où les emplois étaient confiés à des ordres religieux. Plus tard ces établissements devinrent des villes, mais un petit nombre d'entre eux seulement étaient assez vastes pour permettre un séjour prolongé à l'étranger qui se trouvait atteint de maladie. C'est pourquoi ces maisons hospitalières n'intéressent que faiblement l'histoire ; plusieurs même cessèrent bientôt de servir de refuge aux étrangers, contrairement au but pour lequel ils avaient été primitivement établis. Quand les pérégrinations vers Rome eurent cessé et lorsqu'on eut bâti des hôtelleries, ces premiers établissements n'eurent plus de raison d'être. Ils devinrent des maisons de prébende, où l'on se faisait recevoir moyennant salaire ou par l'intermédiaire des proviseurs. C'est ce qui fit que le nom de *Spital* prit successivement, dans le langage populaire de l'Allemagne, la signification d'établissements destinés à la vieillesse, ou de maisons de prébende. Ce n'est que dans les Pays-Bas que l'expression d'hôtellerie a conservé jusqu'à nos jours sa signification de maison hospitalière, et le grand Buiten-Garthuis, à Amsterdam, pouvait naguère encore être cité comme exemple d'un établissement semblable.

Actuellement, les hôtelleries telles qu'on les comprenait jadis n'ont raison d'exister que dans les localités où les malades se trouveraient, comme autrefois, sans secours « dans la misère ». Les pèlerins ne parcourent plus aujourd'hui ni la terre ni les mers pour le salut de leurs âmes, mais ils vont à la recherche de la santé et de la vie au delà des Alpes et chez les peuples étrangers. Ce serait une belle tâche pour la postérité que de créer des hôtelleries destinées aux pauvres dans ces localités, et j'espère que l'appel que j'ai déjà fait une fois ne sera pas perdu pour l'avenir (1).

Il existait encore jadis, aux portes de notre ville, un autre hôpital. De même que l'hôpital de Sainte-Gertrude était placé devant Cologne, de même l'hôpital de St-George (*Jurigenshof*) était situé aux portes de Berlin. Ce dernier est déjà cité, dès l'an 1278, dans une lettre d'indulgence de l'évêque de

(1) Voyez le Rapport officiel de la trente-cinquième assemblée des médecins et naturalistes à Königsberg, 1860, p. 42 : *Ueber den Fortschritt in der Entwickelung der Humanitäts-Anstalten* (*Sur les progrès du développement des établissements humanitaires*).

Halberstadt (1), par conséquent quelques dizaines d'an
avant l'époque où le nom de Berlin se trouve inscrit po
première fois (1244) dans un document. Il est vrai qu'il
est resté qu'une fondation possédant quelques terrains et q
ques capitaux, ainsi que l'église Saint-George, qui y t
autrefois. Le *Jurgen-Thor*, devant lequel l'hôpital était bâti
bout de la rue Royale actuelle (*Königstrasse*), est oublié de
longtemps, et les deux routes entre lesquelles il était const
l'Oderberger et la Landberger, sont devenues de grandes
urbaines. C'est en 1715 qu'on renversa ces bâtiments qui
taient depuis cinq cents ans, mais qui, depuis deux cents
au moins, ne servaient plus à leur destination prem
Comme tous les hôpitaux dits de Saint-George, situés au
de la forêt de Thuringe, ce dernier était destiné, d'aprè
fondation, à recevoir les lépreux.

Jusqu'à la fin du XVe siècle, la lèpre était la maladie la
redoutée du genre humain; c'était la *grande* maladie, en
que sorte la maladie elle-même dans sa forme typique.
vieilles traditions de la religion mosaïque, appuyées pa
récits des évangélistes, avaient habitué les fidèles à
dans la lèpre un mal à la fois corporel et spirituel. Dieu m
châtiait les péchés des hommes par une maladie incur
malgré la science humaine. C'est pourquoi le malade était
posé » (2); il était éloigné des habitations des hommes, excl
la communauté religieuse, de la société des citoyens : il
de ce moment mort civilement et juridiquement ; il mar
sur cette terre comme un trépassé. Des histoires fantasti
qui excitaient l'imagination au plus haut degré, rempliss
d'effroi l'esprit des hommes à l'approche d'un lépreux.
seulement les légendes religieuses de cette époque, mai
core les fictions poétiques des chevaliers et des citoyen
moyen âge, sont pleines de ces descriptions où les souffr
et les expiations des lépreux étaient l'objet d'une prof
commisération.

Les récits des Évangiles ont fait prendre, pour type des
preux, Lazare, auquel les païens eux-mêmes portèrent sec
Lazare devint le protecteur, le patron des lépreux, et, sui
l'exemple du fondateur de leur religion, les chrétiens s'
pressèrent aussitôt de porter secours à ces malheureux a
donnés, de leur procurer des aliments et un abri. Dè
IVe siècle, l'évêque de Césarée en Cappadoce, Basilius, fit
struire, devant les portes de la ville, le simulacre d'une
formée de petites maisons dans lesquelles, à côté des mal
d'un autre genre, les lépreux étaient admis, soignés et
tés. Cette *basilique*, le plus grand établissement humanit
des premiers siècles du christianisme, fut le centre d'o
propagea un sentiment général de commisération qui s'é
dit ensuite par tous les pays chrétiens. Ainsi, dès le VIIe
VIIIe siècle, nous trouvons, dans l'Allemagne du sud e
l'ouest, des maisons isolées destinées à certains malade
dans le cours des six siècles suivants, le nombre s'en ac

(1) Il est manifeste que l'hôpital Saint-George a été fondé plu
C'est ce qu'établit, selon toute vraisemblance, un document dat
1272, dans lequel le conseil de Berlin délivre aux boulangers des
de corporation, et ordonne que le pain qui sera trouvé n'ayant
poids exact sera enlevé et distribué entre les deux maisons de se
On voit dans la *Chronique berlinoise* (1868, p. 10-14) que cet
donnance était faite en faveur du *Jurigenshof* et du *Armenhof* (m
des pauvres).

(2) *Ausgesetzt*, exposé. C'est pourquoi, en allemand, la lèpre e
signée par le mot *Aussatz*.

 façon, qu'on peut dire que jamais on ne vit un mou- t si essentiellement humanitaire, une compassion si gé- Des milliers de lazarets s'étendirent sur toutes les par- monde habité par les chrétiens, et l'on vit même les s les plus distinguées, appartenant à des maisons royales cières, considérer comme leur plus grand devoir la dis- ion de leurs soins personnels à la classe de malades la auvre et la plus misérable. Peut-on citer un exemple uchant de commisération chrétienne que celui de sainte eth lorsque, descendant de son palais, elle allait distri- pain et le vin dans les hôpitaux qu'elle avait elle- fondés, lorsqu'elle détergeait et pansait elle-même les s, donnait des vêtements à ceux qui étaient nus et un eux qui avaient froid? Un des plus beaux tableaux l, de Holbein le jeune, nous a conservé la représenta- plus grand exemple de tous les dévouements (1).

èpre s'est répandue bien au delà des limites des pays ens actuels, et l'effroi qu'elle répandait alors est encore d'hui aussi grand en Chine, au Japon, dans la Guyane s le Brésil, qu'il le fut à une époque quelconque du âge. Dans ces pays, les lépreux sont de même sans ; ils vivent tantôt isolés dans des cabanes et dans des milieu des rivières, tantôt rassemblés dans des établis- ts particuliers ou dans des villages (2) : mais, presque part ils ne ressentent les effets de la charité sous la orme que revêtent les soins chrétiens ; nulle part, si ce eut-être à l'exception de Ceylan, l'humilité, si agréable ivinité, n'a fait descendre les grands ni les nobles au de rendre eux-mêmes des services aux lépreux.

refois, peut-être même avant les croisades, il s'était dans la terre sainte un certain ordre de chevaliers, e de Saint-Lazare, à Jérusalem (3), dont les membres t originairement des lépreux, et qui, non contents de uer des soins à leurs semblables, s'étaient imposé le de combattre les infidèles. Appelé en Europe, en 1149, roi de France Louis VII, cet ordre fonda un grand re de maisons de lépreux, qui depuis portèrent le nom zarets. En quittant la Hongrie, probablement avec Élisabeth, cet ordre vint en Allemagne, et nous le ns plus tard en Thuringe, dans le haut Palatinat et le Brisgau, où il est en possession d'établissements et tes immeubles. Mais il n'échappa pas au sort des autres s de chevaliers ; les monarques le dépossédèrent tour . Ce n'est qu'en Savoie qu'il a pu non-seulement se tenir, mais devenir, par suite de l'hérédité de la grande rise parmi les ducs et les rois de la maison de Savoie, s plus estimés de la nouvelle Italie. C'est encore à lui t confié le soin des lépreux, dont un reste s'est conservé sur les bords de la Riviera. Dans tous les autres pays, le sens du mot *lazaret* s'est généralisé, et, en Prusse, il a désigné presque exclusivement les maisons hospitalières militaires. Ainsi, à Berlin, l'hôpital de la Charité, érigé en 1770, aux portes de la ville, par le roi Frédéric Ier, a été destiné d'abord à servir de lazaret militaire.

Les léproseries proprement dites perdirent leur significa- tion dans la plupart des localités, à mesure que s'éteignait la maladie à laquelle elles avaient été destinées. Elles devinrent, l'une après l'autre, des maisons de prébende, dans lesquelles les infirmes, les vieillards et les nécessiteux étaient reçus, et un petit nombre d'entre elles seulement conservèrent leur véritable signification d'hôpitaux. Mais l'esprit dans lequel plusieurs d'entre elles avaient été fondées, l'esprit de la charité chrétienne et de l'amour du prochain élevé au-dessus de tout danger personnel, cet esprit, dis-je, s'est maintenu ; il a conservé sa force aux époques malheureuses des grandes pestes qui ravagèrent fréquemment l'Europe tout entière au moyen âge, jusqu'à ce qu'elles disparurent enfin devant une civilisation plus avancée.

Les hôpitaux intérieurs des villes du moyen âge étaient tout différents de ces hôpitaux extérieurs. Adjoints, dans le principe, à la métropole de la localité ou aux cloîtres, ils étaient étroitements unis à l'ordre religieux. Ainsi, en Allemagne, plusieurs d'entre eux étaient dédiés à saint Jean, le patron du puissant ordre des chevaliers dont nous avons déjà parlé. Mais ces rapports se modifièrent lorsque Innocent III, le plus grand des papes, eut établi la souveraineté des évêques romains. Aujourd'hui que la catastrophe imminente du pouvoir temporel des papes semble devoir mettre une fin tardive à l'une des plus étonnantes époques de la civilisation, il est juste de se rappeler que la puissance presque illimitée de l'Église au moyen âge ne reposait pas seulement sur la solidité et l'unité de la foi, sur la sainteté des traditions, mais qu'elle était fondée essentiellement sur les secours actifs et assidus que procurait l'Église, considérée comme le centre de la société civilisée, au point de vue du savoir et de toutes les aptitudes. Ce fut Innocent III qui comprit l'organisation des hôpitaux dans ce sens élevé, et il existe dans notre ville un petit monument qui nous rappelle ce fait : c'est l'hôpital du Saint-Esprit, fondé au XIIIe siècle.

Cet hôpital est un établissement mesquin et misérable, situé primitivement dans la ville, bien que tout près des murs (à la vieille porte de Spandau), sans lien avec les paroisses qui existaient alors. Il n'a été depuis longtemps qu'une simple maison d'assistance ; mais dans plusieurs autres endroits, par exemple à Francfort-sur-le-Mein, les hôpitaux dits du Saint-Esprit sont de nos jours des établissements vastes et florissants. On peut dire qu'ils ont été l'origine de nos hôpitaux actuels. C'est ainsi qu'à Rome, on considère comme étant la maison mère de ces établissements, l'hôpital *San-Spirito in Sassia*.

Issue d'une maison de pèlerins bâtie en 727 par le roi anglo-saxon Ina, l'école appelée originairement (1) École des Saxons (*Schola Saxonum*), s'était agrandie dans la suite des siècles. Aussi, lorsqu'en 1204, le pape Innocent III commença à mettre en exécution la pensée de sa grande organisation hospitalière étendue sur toute la chrétienté, il put profiter de cet

 A l'occasion de mes recherches sur l'histoire de la lèpre, j'ai , dans la pinacothèque de Munich, un tableau de sainte Élisabeth ué à Holbein l'aîné (voyez mes *Archives*, vol. XXII, p. 190). Des rches plus étendues, faites à ma demande par le professeur van ng, à Munich, ont prouvé que le tableau, datant de 1516 et que le Augsbourg, a été peint par Holbein le jeune (*loc. cit.*, vol. XXIII, 4). Nous possédons ainsi un témoignage des plus précieux sur une on très-difficile à résoudre au point de vue scientifique.

 J'ai publié dans mes *Archives* de nombreux mémoires sur la des pays étrangers. Une exposition mieux suivie de la question se dans mon *Traité des tumeurs morbides*, vol. XI, p. 494-531.

 Cibrario, *Précis historique des ordres religieux et militaires de -Lazare et de Saint-Maurice avant et après leur réunion*. Lyon, , p. 10 et suiv.

(1) Gregorius, *Geschichte der Stadt Rom im Mittelalter* (Histoire de la ville de Rome au moyen âge). Stuttgard, 1859, vol. XI, p. 487.

établissement comme d'un lieu déjà tout approprié. Il appela, de Montpellier, Guy, le fondateur de l'ordre du Saint-Esprit; il le mit à la tête de l'organisation tout entière, et avec ses soins il provoqua aussitôt dans tous les pays la fondation de grandes maisons hospitalières au sein même des villes. Les choses marchèrent si rapidement en Allemagne, que, dans l'espace de quelques dizaines d'années, presque toute ville un peu grande, et même plusieurs petites villes possédèrent leur hôpital du Saint-Esprit, souvent adjoint à une église dite du Saint-Esprit, ce qui établissait partout un lien solide entre les frères de l'ordre et entre Rome. Il sortit, de ce centre commun, des règlements sévères qui furent mis en vigueur dans les nouveaux établissements considérés non plus comme des hôtelleries et des auberges, mais comme des maisons véritablement destinées aux infirmes et aux malades.

Mais l'autorité spirituelle ne conserva pas longtemps son unité. Bientôt les autorités civiles siégèrent, et donnèrent leurs voix dans les conseils de l'administration ; elles vérifièrent les comptes, autorisèrent des crédits, et, lorsque la réforme eut renversé les ordres religieux, la direction de ces établissements passa naturellement entre les mains du conseil. C'est ainsi que prirent naissance, en Allemagne et en Angleterre, les *hôpitaux civils*, qui, dans l'origine, n'étaient nullement des fondations établies par la commune, mais qui étaient l'œuvre de la charité particulière. Telle est la manière dont les choses se passent aujourd'hui en Angleterre, et l'on peut citer comme exemple la fondation, à Londres, de l'hôpital allemand, dont la direction est si parfaite. En Allemagne, au contraire, par suite de l'absolutisme croissant des princes et de l'investiture des fonctions publiques, le soin de construire de nouveaux hôpitaux incomba de plus en plus à l'État, et il a fallu une puissante impulsion morale au milieu de circonstances extérieures difficiles, pour réveiller de nouveau l'activité des particuliers. C'est ici même que notre génération pourrait prendre comme modèle le moyen âge, dont on a si souvent médit. Efforçons-nous de l'imiter, en profitant de nos ressources infiniment plus grandes qu'autrefois, non-seulement pour l'amour de Dieu, mais aussi pour l'amour de l'humanité. Tout ce que peuvent opérer dans cette voie des efforts personnels et persévérants, a été effectué par feu le pasteur Goszner, en créant le siége d'une société des femmes malades, société qui, après avoir eu les plus modestes débuts, est devenue le grand édifice moderne de l'hôpital Élisabeth, que ce pasteur a fondé.

Mais je ne remplirais pas complétement ma tâche, si je ne rappelais le souvenir d'autres ordres de chevaliers, qui avaient compris parmi leurs vœux celui d'avoir un soin particulier des malades. Tels furent l'ordre de Saint-Jean et l'ordre des chevaliers de Marie ou des chevaliers allemands (Teutons), nés tous les deux en terre sainte à l'époque des croisades, et formés primitivement d'éléments de la bourgeoisie. Des marchands d'Amalfi, même avant les croisades, avaient déjà fondé à Jérusalem, pour les pèlerins, un asile où les malades étaient admis et soignés; mais, bientôt après la prise de la ville sainte (1099), cet asile se développa et devint l'hôpital Saint-Jean à Jérusalem. Un Allemand, dont l'histoire n'a pas conservé le nom, avait fondé, à l'aide de ses seules ressources, le petit hôpital allemand de Sainte-Marie de Jérusalem; des marchands de Lubeck et de Brême l'aidèrent plus tard, avec le comte Adolphe de Holstein, dans les améliorations qu'il fallait apporter dans l'intérêt des malades, et c'est de leur fondation que sortit l'ordre des Teutons, en 1192. Ces deux ordres se répandirent en Europe, après la perte de la terre sainte, et ils acquirent une certaine importance dans le pays. Tandis que les Teutons, dès 1226, conquéraient la Prusse et la germanisaient, les chevaliers de Saint-Jean, conduits d'abord dans la Marche par le margrave Albert l'Ours, au milieu du XII[e] siècle, fondaient en 1323 le bailliage de Brandebourg, et contribuaient au développement de la nationalité allemande, notamment dans la nouvelle Marche. Mais les devoirs que ces ordres s'étaient imposés envers les malades étaient très-différents. Les chevaliers de Saint-Jean avaient cessé de bonne heure de donner leurs soins aux hôpitaux, pour ne se vouer qu'au service militaire, tandis que les chevaliers Teutons étaient restés fidèles à leurs statuts ; aussi le *Spittler* (hospitalier) était considéré dans toute la hiérarchie de l'ordre comme un des premiers et des plus influents.

Néanmoins nous ne pouvons affirmer qu'aucun de ces ordres ait exercé une influence notable sur l'organisation de l'assistance des malades ou sur l'institution des hôpitaux. Des ordres religieux, tels que l'ordre des Franciscains, les frères et les sœurs de la Charité, ont exercé une influence mille fois plus considérable. La chevalerie n'est pas faite pour rendre le moindre service d'une manière continue, persistante. Dans l'assistance publique, on n'avance guère dans les emplois ni dans les honneurs : c'est, à de légères différences près, toujours le même travail des personnes, travail qui, faible ou considérable, doit être effectué, sinon gratuitement, du moins en rémunération d'un faible salaire. Aucun ordre de chevaliers, pas même l'ordre de Saint-Lazare, n'a pu soutenir un pareil dévouement. Tout récemment, quand le roi Frédéric-Guillaume IV eut rétabli, en 1852, le bailliage des chevaliers de Saint-Jean de Brandebourg, et qu'il eut confié aux nouveaux chevaliers, qu'on devait appeler *chevaliers du droit* (*Rechtsritter*), les sommes nécessaires pour construire et entretenir des hôpitaux ; quand, par suite d'une union avec la maison des diaconesses de Béthanie, de Berlin, il eut acquis à ces hôpitaux des femmes instruites pour soigner les malades ; quand enfin, pendant la guerre de Bohême, il eut concédé aux chevaliers de Saint-Jean une sorte de direction secondaire dans l'assistance des malades et des blessés, on peut dire qu'il surgit une tâche véritablement belle, au point de vue humanitaire, au sein de la Société, tâche qu'elle ignorait complétement auparavant. La justice oblige de reconnaître que, dans cette direction, soit pendant la paix, soit pendant la guerre, on a accompli des choses dignes des plus grands éloges.

Mais, d'un autre côté, on commettrait une grande erreur si l'on s'imaginait que, dans l'organisation d'un ordre de chevaliers, ordre où l'on ne peut entrer sans compter déjà un certain nombre d'aïeux, ni sans fournir une certaine somme d'argent, ni les moyens, ni les personnes que posséderait un ordre quelconque de chevaliers ne seraient aujourd'hui suffisants. En effet, les devoirs qu'impose l'assistance des malades s'étendent bien au delà de la limite des secours que peut leur procurer une seule classe de la société. Les États eux-mêmes, sous leur forme actuelle, ne possèdent pas cette faculté, et lors même que, ayant conscience de leur impuissance, ils s'efforcent d'appeler la participation d'autrui, ils sont obligés de chercher à donner à cette participation une forme populaire (1).

(1) On n'ignore pas dans les grands cercles de notre population ce

république américaine a montré d'une manière suffisante ce qu'un peuple peut faire en commun pour l'assistance nalades. Ce n'est pas seulement pendant la paix que des culiers ont fondé des hôpitaux, parmi lesquels il s'en e d'assez vastes pour rivaliser avec les établissements naux de l'ancien monde; mais, pendant la grande guerre écession de ces dernières années, l'hygiène entière de iée a été renouvelée presque uniquement par les soins s d'hommes et de femmes admirablement inspirés. Le le fournit, à la commission sanitaire qui s'était formée tanément, des ressources si abondantes, qu'on trouva que cinq millions de dollars argent comptant, et quinze s millions en subsistances. Aussi l'hygiène de l'armée a d'année en année à un degré de perfection dont on it pas même eu l'idée dans aucune guerre antérieure. ns la dernière guerre, et notamment dans la guerre de me, notre peuple a montré également quels services il ait rendre, même après avoir satisfait aux requêtes (1) offi- s. En quelques mois, les districts de la Prusse ont fourni seuls des secours qui, suivant des critiques peu bien- nts, ont été évalués à 5 millions de thalers. Les res- es financières d'un ordre de chevaliers s'évanouiraient nt de tels chiffres. Toutefois on commettrait une grande r si l'on s'imaginait que l'activité spontanée, telle qu'elle ésente d'ordinaire, fût satisfaisante, ou qu'elle rendît su- ue la coopération de l'État et des communes.

st dans le cas d'une nécessité extrême, tel qu'il se pré- en Amérique; c'est en présence d'une administration iée de conseils et de sens, que le peuple trouve toute rgie que les circonstances exigent. Mais il n'arrive à ce résultat qu'après maints insuccès, et qu'au prix de sacrifices disproportionnés. Toutefois ces sacrifices peuvent être supportés dans une certaine mesure, lorsqu'on possède en temps utile un personnel instruit, suffisant, et dont les membres occupent chacun la place qui lui convient.

Un ordre de chevaliers peut, à la vérité, s'attacher des médecins et des infirmiers; il lui est possible de s'associer les forces vives qui lui sont nécessaires, mais il ne peut que d'une manière exceptionnelle et accidentelle trouver les forces directrices parmi les membres qui le composent. Rien ne serait plus dangereux que d'abandonner à une classe déterminée de la société le monopole d'une direction à laquelle elle ne se serait pas préparée par des travaux convenables; rien ne serait d'ailleurs moins motivé, attendu que cette classe de citoyens s'est montrée au point de vue financier incapable de rendre des services extraordinaires.

Il en est autrement des ordres religieux tels que le christianisme les a établis, et tels qu'ils se présentent à notre époque, mais, à la vérité, sous une médiocre apparence, dans quelques établissements protestants. Il s'agit ici d'un dévouement plein et entier à la vocation qu'on a choisie.

L'ordre ou l'établissement pourvoit aux choses nécessaires, en recueillant les contributions volontaires, les legs testamentaires, les dons des personnes bienfaisantes. Au personnel de l'ordre ou de l'établissement incombe le soin des malades. Payons notre tribut de reconnaissance à ces travaux, qui le plus souvent ne sont pas récompensés. Toutefois il est permis de se demander s'il est indispensable de donner à ces sortes de services une forme pour ainsi dire religieuse. Ces corporations, ces établissements doivent-ils s'appuyer sur des dispositions hiérarchiques? Et le dévouement est-il obligé d'avoir pour base une idée religieuse ou confessionnelle pour qu'il soit réputé valable dans le sens de telle ou telle Église? doit-il être accompli pour l'amour de Dieu?

L'assistance des malades est, dans le sens le plus élevé, un devoir purement humain. Depuis longtemps déjà, chez les peuples civilisés, l'hôpital a cessé d'être un établissement créé dans un but religieux. L'hôpital *universel* ne repousse ni païen, ni aucun homme d'une croyance quelconque. Il laisse complétement libre chacun de prier s'il veut et qui il veut. Il accorde ses secours à tous les hommes, fût-ce même à un être misérable et abject, fût-ce à un criminel avéré. Qu'il y ait çà et là des hôpitaux particuliers catholiques, protestants ou juifs; que l'on construise même, comme on l'a fait à Berlin dans ces dernières années, un hôpital de Béthanie, l'hôpital catholique de Sainte-Hedwig, un hôpital juif ou d'autres encore, toujours est-il que ces établissements sont fondés plutôt dans le but de rendre des services particuliers à des coreligionnaires que dans le sens d'une exclusion intolérante. Les hôpitaux universels sont une de ces institutions propres à notre époque, et quiconque se dévoue au service d'un hôpital devrait être pénétré du but purement humain de cet établissement. Celui qui donne ses soins aux malades doit avoir de la moralité, de la condescendance; il ne doit voir dans le malade que l'homme souffrant et dénué de secours; il doit voir en lui « son frère, son prochain »; et pour posséder ces sentiments, il n'a besoin que d'un cœur sensible, d'un dévouement véritable, d'un sentiment loyal du devoir. On trouverait en effet difficilement une autre occupation humaine qui fût suivie d'une récompense plus immédiate, qui fît éprouver

ous a valu, pendant la dernière guerre, la subordination de l'as- ce privée aux organes de l'ordre de Saint-Jean. C'est cette circon- même qui fournit, à un certain nombre d'hommes de tous les , l'occasion de fonder, pour l'armée en campagne, la Société de se- de Berlin, et suscita une participation active dans les cercles poussaient la tutelle de l'aristocratie. Lorsque Brinkmann (*Des privés pendant la guerre*, Berlin, 1868, p. 50) se plaint de ce Société de secours ne s'est pas adjointe au Comité central officiel, ur semble ignorer que ce comité ne voulait pas une adjonction et simple, mais une subordination complète de la part de la so- C'est pour des motifs semblables que la Société de secours se npêchée d'agir dans certaines circonstances où l'auteur incrimine action. Je ne m'appesantirai pas sur ces motifs; toutefois j'ai constater leur réalité, attendu que L. Richter répète les dires à fait controuvés de Brinkmann (*Die Beihülfe der Volker zur e der in Kriegen Vervumdeten und Erkrankten, und ihre Or- ation : — Les secours populaires dans le soin des blessés et des ma- pendant la guerre, et de leur organisation*, Stuttgard, 1868, 24). Ces auteurs ont reconnu eux-mêmes que la Société de secours veloppé une grande et noble activité. Voulant rester dans les je renvoie au Rapport de l'assemblée générale de la Société de rs de 18 juillet 1866, et au Compte rendu du conseil du 30 sep- re 1867. Il résulte de ces rapports que la Société avait pris d'a- ses dispositions dans la possibilité d'une prolongation de la guerre, e les secours qu'elle avait rendus étaient restés au-dessous de ses urces, puisque, par suite de la conclusion inattendue de la paix, ses rs n'avaient pas été distribués dans toute leur mesure. Mais ce fut nous une grande satisfaction de voir affecter à la fondation de l national des invalides de la victoire (*Der Victoria National Invali- iftung*) des capitaux importants qui avaient été destinés pour le t de réserve dirigé par la société. — Au sujet de l'assistance elle et privée pendant la guerre, je citerai les Mémoires très- ssants de W. Roth (*Berliner klinische Wochenschrift*, 1867, 0, 152) et de Samuel (*Preusszische Jahrbücher*, Bd. XVII).

Comparez dans le 47e cahier de cette collection (série 11), le urs de Volz : *Das rothe Kreuz im weissem Felde* (La croix rouge hamp blanc).

plus rapidement le sentiment de la satisfaction que procure l'accomplissement d'un devoir.

Mais, lorsque son devoir est accompli, celui qui donne ses soins aux malades, du moins à l'hôpital, doit se demander encore s'il n'a pas d'autres services à leur rendre. Les malades sont couchés les uns à côté des autres ; si l'un d'eux vient à mourir, un nouveau vient prendre sa place. De jour en jour, de semaine en semaine, d'année en année, c'est un travail toujours le même et qu'il faut effectuer pour des malades toujours nouveaux. L'infirmier en est fatigué ; l'habitude de voir souffrir émousse chez lui le zèle et le sentiment du devoir. Il a besoin d'un certain incitant pour conserver son premier dévouement.

Où ira-t-il puiser cet incitant? Est-ce dans la religion ? dans la perspective d'un salaire ? Nous sommes arrivés ici au point difficile où se séparent les voies de l'assistance religieuse et de l'assistance civile, et, il faut l'avouer, on n'a pas encore trouvé une solution tout à fait satisfaisante touchant cette grave question.

Pour un juge impartial et éclairé, il est évident que le sentiment du devoir, le dévouement, les sacrifices mêmes, ne doivent avoir pour mobiles, ni la perspective des récompenses célestes, ni l'attente d'une récompense mondaine. Mais une telle mesure de dévouement, une telle volonté, une telle ardeur de sentiments excitée par des motifs purement humains, ne peuvent se trouver que dans une nature tout à fait saine, dans une nature d'élite, ou bien elle ne peut résulter que d'une forte éducation morale telle que ne la possèdent pas la plupart de ceux qui se consacrent aujourd'hui au service des malades. Il faut engager certaines classes de la société à coopérer à l'assistance des malades ; il faut exiger davantage des personnes civiles qui soignent les malades, si l'on veut qu'elles opposent une concurrence durable aux personnes religieuses, si l'on veut faire des hôpitaux des établissements véritablement humanitaires.

Il n'est point nécessaire pour cela qu'un chef appartenant, soit à un ordre de chevaliers, soit à un ordre religieux, ait la direction de la surveillance en ce qui touche l'assistance des malades. Il faut des hommes et des femmes ayant une éducation parfaite, des mœurs sévères et un zèle ardent. Il est ensuite nécessaire que ces mêmes personnes possèdent des connaissances techniques suffisantes pour juger sainement les choses. L'exemple de miss Nightingale prouve qu'il n'est nécessaire d'être ni homme, ni médecin, pour porter de semblables jugements.

Rien ne s'oppose, bien entendu, à ce qu'un prêtre possède ces connaissances, et je pourrais citer à ce sujet un fait complétement en rapport avec le mouvement actuel de réforme qui s'établit dans les hôpitaux. En 1250, les maîtres et frères de l'hôpital Sainte-Catherine de Ratisbonne, de l'ordre des Augustins, annoncèrent que leur hôpital était trop étroit, que non-seulement il ne suffisait plus pour les malades, mais qu'il était pour eux un séjour dangereux ; qu'un grand nombre d'entre eux mouraient avant le temps, par suite de la disposition des locaux, de la corruption de l'air, la contagion régnant parmi les malades entassés les uns à côté des autres (1).

(1) Voyez mes *Archives*, vol. XVIII, p. 305. — « Quod domus hospitalis nimis stricta, pauperibus non solùm (non) suffecisset, sed eos interfecisset et multos fecisset præmori ante vitæ suæ terminum, ex structura loci, aere corrupto, flatu et contagio infirmorum minis compresse jacentium suffocante. »

Tout employé d'administration quelque peu capable,
homme doué d'une intelligence saine, peut faire de s
blables observations, quand une expérience malheureuse a
suffisamment prolongée. La tâche de l'homme possédant
connaissances techniques, et en particulier celle du méde
serait de reconnaître les dangers au lieu de les laisser sub
ter et avant qu'ils eussent atteint une certaine gravité ; en
mot, de les prévenir à temps. Pour réussir dans l'accom
sement de cette tâche, il ne suffit pas d'être simplement
decin, il est nécessaire d'avoir acquis des connaissances
tiques dans l'art d'administrer, connaissances que
gouvernements actuels n'assurent presque dans aucun p
ni parmi les médecins militaires, ni parmi les méde
civils.

La guerre de Crimée, et plus encore la guerre d'Améri
ont, en ce qui concerne les hôpitaux, renversé les barri
qu'une certaine timidité, de certaines considérations p
niaires avaient encore laissées subsister dans l'esprit des
decins. On savait depuis longtemps que la mortalité est,
nos hôpitaux et dans nos maisons d'accouchement, beau
plus grande que dans les maisons privées. Néanmoins o
bornait à évacuer et à désinfecter de temps en temps
établissements ; dans les cas les plus heureux, on agran
sait les hôpitaux, mais on y entassait aussitôt les mal
dans tous les coins. Ce sont les Américains qui, les premi
ont tenté sur une grande échelle, non d'agrandir les h
taux, mais de construire des salles moins vastes, en les
sant en un plus grand nombre de parties séparées (pavill
Lorsqu'on voulait évacuer les hôpitaux, on ne se bornait
au transfert des malades dans des salles aussi étroites
celles où ils étaient renfermés, mais on les répartissait au
tôt dans tout le pays.

C'est ce qui a fait céder la tiédeur chez nous. L'admi
tion qu'on éprouvait pour les grands hôpitaux, pour ces
lais destinés aux pauvres, a disparu soudain. Le système
pavillons, la dispersion des malades, ont subitement r
porté la victoire sur la ventilation simple, sur les proc
de désinfection, et il s'en faut peu qu'on renvoie les
lades dans des maisons privées, pour les préserver de
danger au sein de leurs familles. A cette époque tumultu
du conflit des opinions, il est avant tout nécessaire de po
der à la tête de l'administration des hommes ayant acqui
grandes connaissances techniques et scientifiques, si l'on
veut pas quitter la voie où l'on est généralement entré.
pédantisme est, dans ces circonstances, aussi préjudici
que le dilettantisme. La soi-disant expérience se trompe a
facilement que l'enthousiasme pour l'imitation.

Le danger ne vient pas de la grande étendue d'un h
tal ; il vient de la corruption de l'air. Ce que les pères
Ratisbonne disaient il y a 600 ans, est encore parfaitem
exact aujourd'hui. Notre devoir n'est pas simplement
construire des hôpitaux petits, car dans ces derniers
peut se vicier également. Nous devons plutôt *construire
hôpitaux bien aérés*. Quant aux moyens d'arriver à ce
que les bâtiments soient unis entre eux, ou qu'ils soient
lés en groupes placés les uns à côté des autres (pavillon
s'agit d'une question de localité, de nécessité, enfin d
question technique. Mais il n'existe pas une solution un
pour tous les cas. Sur un terrain aéré, sec, libre d'entour
où l'afflux du vent est partout accessible, on dressera
peine les plans de l'édifice ; tandis que dans une localité

e toutes parts, où l'air est humide et ne circule pas, llons, même les plus exigus, offrent des dangers. autorités de notre ville n'ont-elles pas craint d'assu- its à l'hôpital général qu'on devait fonder, parce ›uvait l'installer dans un lieu élevé, au milieu du Frédéric, position peut-être la plus favorable qu'on is choisie pour un hôpital.

uverait difficilement aujourd'hui des gens capables iller la construction d'hôpitaux immenses, disposés e système des corridors, système qui fut si longtemps de l'administration. La statistique de la mortalité is que trop souvent que l'air corrompu, qui séjourne hôpitaux, est saturé d'impuretés de toutes sortes; ·épand de chambre en chambre, en partie par les ;, et que, tant que les choses seront disposées de nière, le danger sera de plus en plus grand, surtout malades atteints d'affections chirurgicales. Partout rce d'assurer autant que possible l'isolement des ma- eints d'affections différentes, et de ne permettre, au ıtre eux, que des rapports libres et extérieurs. La pen- personnes familiarisés avec cette question se reporte airement vers les débuts éloignés des hôpitaux, dont était représenté par un édifice exigu et isolé, on dire vers ces villes ou villages de malades, pour la n desquels saint Basile a servi d'exemple. « Aux e Césarée (1), est-il dit, s'élevait une ville nouvelle la bienfaisance et à l'assistance des malades. Des convenablement disposées, rangées autour d'une t formant de longues rues, servaient de gîte aux et aux malheureux de toutes sortes, dont le soin ıfié à des médecins et à des infirmiers. » Ce sont ces ; malades que le comité sanitaire d'Amérique a fait re dans les temps modernes, en suivant toutes les tions qu'exige la prévoyance, bien que même au mi- nécessités qu'entraîne la guerre; et grâce à cette on, il a obtenu des résultats heureux tout à fait inat- au point de vue de la guérison des blessés et des . Quand on eut construit ainsi des pavillons tempo- 'idée de disperser et d'isoler les malades s'est bientôt e dans les hôpitaux de l'Amérique, de l'Angleterre, ıtres pays se préparent à suivre cet exemple.

part l'afflux de l'air pur, son renouvellement (venti- ıe sont ni plus faciles, ni plus complets que dans les s d'hôpital. Partout se présentent les plus grandes pour une ventilation libre, ou naturelle, comme on st vrai que cette ventilation n'est jamais complète, dans les climats où la température est très-variable; que le renouvellement artificiel de l'air au moyen ›sitions particulières est toujours plus ou moins in- ıble. Mais c'est avec raison qu'on reproche aux éta- ›nts où la ventilation est purement artificielle, de r l'air que d'une manière incertaine. Un vice quel- provenant d'un défaut de prévoyance ou d'une dis- défectueuse, est payé chèrement par ceux qui sé- t dans un hôpital aéré de cette manière.

avant tout, il faut de l'air en abondance. Il faut de l'eau en abondance et de bons aliments. Ces con- sont souvent plus utiles que l'art médical; ou, pour parler plus nettement, l'art médical consiste, dans beaucoup de cas, à assurer l'air, l'eau et les aliments d'une manière suffisante. Enfin n'oublions pas qu'il faut associer aux médecins des infirmiers et des infirmières capables, car ceux-ci sont, pour ainsi dire, les soldats de l'assistance publique. Mais, de même que les soldats de la guerre, ceux qui soignent les malades doivent être en nombre suffisant et doués d'aptitudes suffisantes, lorsque le combat contre la maladie et la mort devient de plus en plus nécessaire, et lors même que le nombre des volontaires qui se dévouent au service des malades s'accroît dans les rangs des gens instruits. Il faut provoquer le grand œuvre de la conciliation entre les pauvres et les ouvriers d'une part, et les riches et les gens instruits d'autre part, œuvre qui, jusqu'à présent, n'a été abandonnée qu'à des intérêts presque totalement professionnels. Je recommande cette belle œuvre à l'amour de l'humanité, je pourrais dire à l'amour chrétien en général, puisque c'est cet amour qui a fondé les hôpitaux.

R. VIRCHOW,

Membre de la Chambre des députés de Prusse, Professeur à l'université de Berlin.

— Traduit de l'allemand par le Dr RABUTEAU. —

ıser, *loc. cit.*, p. 15.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

J. NORMAN LOCKYER

de la Société royale de Londres

Les découvertes récentes sur la constitution physique du soleil faites à l'aide du spectroscope

L'année 1865 a vu paraître deux très-importants mémoires sur la constitution physique du soleil, fondés tous les deux sur les nombreuses observations télescopiques et photographiques accumulées jusqu'à ce jour. L'un d'eux a été publié par ses auteurs en Angleterre, l'autre a paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

Je ne veux point arrêter longtemps votre attention sur ces remarquables travaux. Je ne parlerai que de l'explication donnée dans chacun d'eux de ce fait, qu'une tache solaire est noire : c'est en effet la clef de voûte de toute hypothèse qui s'attaque à la constitution physique du soleil (1).

La science anglaise, représentée par MM. de la Rue, Stewart et Lœwy, dit qu'une tache est noire parce que la lumière solaire est éteinte par une atmosphère absorbante froide, non lumineuse, tombant en ce point sur la surface brillante du soleil, sur la photosphère.

(1) M. Lockyer oublie la très-judicieuse remarque de M. Faye, qu'une théorie doit être jugée, non d'après l'explication plus ou moins facile qu'elle donne de la noirceur des taches, mais d'après l'accord qu'elle présente avec les mouvements géométriques de ces taches. A quels errements n'ont pas été conduits les auteurs des anciennes hypothèses qui n'ont eu en vue que l'explication des taches !

D'ailleurs aucun des phénomènes d'absorption signalés par M. Lockyer n'est en contradiction avec l'hypothèse de M. Faye. Comme ce savant astronome l'a montré, si le gaz se refroidit et devient absorbant, c'est bien plutôt dans une éruption, que pendant sa chute vers le centre du soleil, chute qui entraîne nécessairement condensation et élévation de température. (Voyez notre tome II, page 146, 28 janvier 1865).

(Note du traducteur.)

La science française, représentée par M. Faye, dit qu'une tache est noire parce que cette tache est un trou dans la photosphère, à travers lequel nous ne voyons plus que la faible lumière des gaz de l'intérieur du soleil.

Vous allez voir qu'il existe un moyen de décider entre ces deux hypothèses, et que ce moyen, le spectroscope, et probablement le spectroscope seul, pouvait nous le fournir : car le spectroscope est un instrument dont le *métier* spécial est de s'attaquer à tout ce qui est radiation et absorption. Il nous apprend que la lumière émise par les différents corps nous donne des spectres de différentes espèces suivant la nature du corps lumineux : un spectre continu sans lignes brillantes, dans le cas des solides et des liquides; des lignes brillantes avec ou sans spectre continu, dans le cas des gaz et des vapeurs. Il nous apprend que l'absorption assombrit le spectre dans toute sa longueur quand elle est *générale*, l'éteint par places seulement quand l'absorption est *élective* : les lignes noires de Fraunhofer sont un exemple de ce dernier mode d'action. Nous avons donc une radiation générale et une radiation élective, une absorption générale et une absorption élective.

Dès lors si, comme le veut la théorie anglaise, l'absorption agit plus énergiquement dans une tache que partout ailleurs, nous devons trouver dans la tache des preuves de cette absorption ; le spectre solaire sera visible en entier dans le spectre d'une tache, mais assombri, soit dans toute son étendue, soit par places seulement.

D'après la théorie française qui voit dans une tache le rayonnement très-faible d'une matière purement gazeuse, nous devrions, suivant les idées généralement reçues, ne trouver que des lignes brillantes dans le spectre d'une tache (1).

Il y avait donc là un essai bien intéressant à tenter, et un vaste champ d'étude encore libre : car, bien que depuis quatre années le spectroscope eût été appliqué à découvrir les mystères des étoiles et des nébuleuses, et avec quel succès vous le savez, cependant il n'existait que je sache aucune observation publiée ou inédite sur le soleil, l'étoile la plus voisine de nous. La carrière était libre, et je n'empiétais sur les domaines de personne, lorsque le 4 mars 1866, j'attachais un petit spectroscope à ma lunette pour soumettre les deux théories à l'épreuve de l'observation, et appliquer de nouveaux moyens à la solution d'une question restée inextricable depuis la découverte des taches par Galilée deux siècles et demi auparavant.

Je décrirai plus en détail tout à l'heure ce que j'ai vu. Il me suffira de dire ici que les résultats étaient favorables à la théorie anglaise : il y avait des preuves évidentes d'absorption dans les taches, il n'y avait aucune indication de radiation d'un gaz. Après avoir ainsi pris pied sur le soleil à l'aide du spectroscope, il était naturel de rechercher un nouvel emploi de cette méthode d'analyse, dont la découverte avait été appelée par Newton, il y a près de deux cents ans « la plus inattendue, sinon la plus considérable qui ait encore été faite dans les opérations de la nature ».

Or, il est une question que le spectroscope semblait pouvoir poser au soleil avant toute autre, c'était celle-ci : Étant admise l'existence autour du soleil de cette atmosphère absorba que supposent les idées généralement reçues de l'hypoth de Kirchhoff, quelle est la nature de ces étranges flamm roses qui, dans les éclipses totales, se montrent dans c atmosphère, tantôt jaillissant çà et là du pourtour même soleil, tantôt suspendues au contraire comme des nuages ?

L'atmosphère immense, dont le spectroscope venait de montrer la basse température et le pouvoir absorbant, pa se révéler durant les éclipses par une sorte de halo lumin appelé la couronne, sur le fond blanc de laquelle se dé chent les flammes roses. Or, comme ces flammes roses d nent plus de lumière que la couronne, elles semblent dev être à une température plus élevée ; et c'est en raisonna ainsi un jour sur cette matière avec mon ami le docteur B four Stewart, que nous arrivâmes à la conclusion que tr probablement ces flammes étaient des amas de gaz lum neux.

S'il en était ainsi, le spectroscope pouvait nous venir aide et voici comment:

La lumière des corps solides ou liquides, vous le savez to est étalée par le prisme en un long ruban de lumière qu' appelle un spectre continu, parce que d'une extrémité l'autre la lumière persiste sans interruption.

La lumière des corps à l'état de gaz ou de vapeur, au c traire, se condense dans un petit nombre de cannelures, e est discontinue ; et au lieu de s'étaler tout le long du spect elle se limite à un petit nombre de lignes transversales, p fois même à un très-petit nombre de ces raies.

D'après cela, si deux corps, l'un solide ou liquide, l'a gazeux ou en vapeur, donnent exactement la même som de lumière, les lignes brillantes du dernier seront plus vi que les portions du spectre du premier, auxquelles elles corr pondent en couleur ou en réfrangibilité.

Bien plus, si le gaz ou la vapeur ne donne que peu lignes, quoique sa lumière puisse être en somme moind que celle qu'émet un solide ou un liquide, la lumière pe être dans un cas assez localisée, conserver donc assez d'écl dans l'autre assez étalée et diluée, pour que les lign brillantes de la plus faible des deux sources apparaissent spectroscope plus brillantes que les parties correspondant du spectre du corps solide plus éclairant. De là une cons quence importante. Supposons que le spectre continu d' solide ou d'un liquide soit superposé au spectre disconti d'un gaz, nous pourrons, en augmentant le nombre d prismes du spectroscope, étaler énormément le spectre co tinu du solide ou du liquide, tandis que la dispersion ne dim nuera pas sensiblement l'éclat des lignes du gaz ; en cons quence, plus nous augmenterons la dispersion, plus les lign du gaz se détacheront sur le fond du spectre continu.

La raison pour laquelle nous ne voyons pas constamme les protubérances dans nos lunettes, c'est qu'elles sont noyé dans l'éclat excessif de notre atmosphère au voisinage du leil, éclat dû lui-même à la réflexion du spectre solaire co tinu sur les particules de l'air. Il semble donc qu'il y ait lu entre la lumière des protubérances et la lumière réfléc par l'atmosphère et, sauf dans les éclipses, la victoire re toujours à cette dernière.

Mais ce que je viens de dire vous fait voir que pour fa tourner complétement les chances de la bataille, il suf d'amener dans la lice un spectroscope ; si les protubéranc sont des gaz, le spectre continu de la lumière réfléchie se

(1) D'après ce qui a été dit dans la première note, cette affirmation n'est nullement une conséquence de l'hypothèse de M. Faye.

(*Note du traducteur.*)

sé et étalé jusqu'à devenir invisible, tandis que l'éclat ;nes isolées de la protubérance ne subira aucune dimi-.

remier essai de ce procédé fut fait en mai 1866, à l'aide pectroscope d'Herschel et Browning fixé à ma lunette ; es premières tentatives restèrent sans succès : la dis-n n'était pas suffisante pour éteindre le spectre des s voisines du soleil, et par suite les lignes révélatrices otubérances restèrent voilées et invisibles. La nature lait pas se laisser dérober son secret par un coup de

née 1868 nous amena l'éclipse désormais célèbre, que ants de toute l'Europe civilisée coururent observer dans les. Je n'ai besoin que de vous rappeler cette éclipse et sultats, qui vous ont déjà été exposés en détail dans nceinte; qu'il me suffise de dire que dans ces observa-e spectroscope fit son devoir, et que la nature gazeuse otubérances fut mise hors de doute.

il est une magnifique conséquence de cette éclipse, quelle je dois arrêter tout spécialement votre attention. observateurs, M. Janssen, spectroscopiste extrêmement, et représentant, dans ce pacifique combat, de l'Aca-des sciences et du Bureau des longitudes, fut telle-frappé de l'éclat des protubérances rendues visibles par se, qu'au moment où le soleil, rentrant en scène, les fit aître, il s'écria : « *Je reverrai ces lignes-là.* » Des nuages chèrent d'exécuter son projet le jour même ; mais le nain il était levé bien avant le soleil, et dès que notre luminaire se fut dégagé d'un rideau de vapeurs, ssen réussit à revoir le spectre des protubérances qu'il déjà analysées la veille. Pendant l'éclipse, la position ni le nombre des raies n'avaient pu être sûrement dé-iés ; par sa nouvelle méthode, M. Janssen s'assura à loi-e les protubérances étaient composées d'hydrogène, les lignes brillantes correspondant aux raies C et F du e solaire ordinaire.

vue photographique agrandie de ma lunette et de mon oscope va vous faire comprendre le procédé d'observa-L'objectif de la lunette recueille les rayons solaires et former une image du soleil lui-même sur un écran. Cet est percé d'une fente extrêmement étroite, à travers le doit passer la lumière pour atteindre le spectroscope. sceau ainsi introduit est reçu par un second petit objec-transformé en un cylindre de rayons de toutes cou-tout préparé maintenant à voyager à travers les pris-Dans ce trajet, il est dévié par chaque prisme de sa ion, jusqu'à ce qu'enfin, en émergeant, il croise sa route ive pour entrer dans la petite lunette que voici, entiè-it décomposé en ses éléments.

ntenant, au lieu d'un faisceau de rayons parallèles de couleurs, nous avons autant de faisceaux que de cou-et de chacun d'eux la petite lunette compose une distincte de la fente. Là où les rayons font défaut, e de la fente est absente aussi, nous avons une ligne ; or, si le télescope est dirigé vers le soleil, de manière mage de l'astre couvre entièrement la fente, nous obte-ans le champ de la petite lunette un ruban de lumière nent coloré, entrecoupé de lignes noires.

r notre expérience, il faut ne faire tomber sur la fente bord de l'image solaire, qui n'en occupe ainsi qu'une etite étendue. On voit alors dans le champ de la petite lunette une bande lumineuse très-étroite et un large espace presque obscur ; car la dispersion par les prismes est telle-ment considérable, que la lumière atmosphérique est presque complétement éteinte, par la raison que nous avons dite.

M. Ladd va maintenant nous montrer sur l'écran ce qu'on voit quand une protubérance se projette sur la fente. D'abord une ligne dans le rouge, très-marquée et très-bril-lante, puis une plus fine dans le jaune, une autre dans le vert, et deux dans le violet. Toutes ces lignes, à l'exception de celle du jaune, occupent les positions des lignes connues de l'hydrogène.

Comme la hauteur de ces lignes brillantes varie avec la hauteur de la protubérance, et que l'apparition de chacune d'elles exige la présence de l'hydrogène, il est clair que la forme d'une protubérance peut être déterminée par l'obser-vation attentive d'une seule de ces lignes, en promenant len-tement la fente sur toute l'étendue de la protubérance.

Ainsi, les premiers résultats de cette nouvelle méthode d'observation du soleil non éclipsé ont été de nous faire con-naître la composition actuelle des protubérances, et de nous permettre d'en déterminer la forme et les dimensions.

Pour ce qui va suivre, vous me permettrez de m'appuyer particulièrement sur mes propres observations.

Lorsque je réussis en Angleterre à obtenir les mêmes ré-sultats qu'avait déjà obtenus M. Janssen, mais que nous ne connaissions pas encore, mon instrument était très-imparfait ; dès qu'il fut complété par M. Browning, je reconnus qu'en quelque point du bord du soleil qu'il fût dirigé, je ne pou-vais perdre de vue les lignes nouvellement découvertes. Elles n'étaient sans doute pas aussi longues que je les avais vues d'abord, mais elles y étaient, et ne pouvaient disparaître, montrant ainsi que tout autour du soleil, à une hauteur d'en-viron 5000 milles, existe une enveloppe gazeuse dont les pro-tubérances ne sont que les vagues les plus élevées. J'ai donné à cette enveloppe le nom de *chromosphère*, parce que c'est la région dans laquelle apparaissent les divers effets de colora-tion pendant les éclipses totales, et parce que je considérais comme important d'établir une distinction entre son spectre discontinu et le spectre continu de la photosphère. Puis bientôt surgit un nouveau fait. La ligne brillante E prenait la forme d'une tête de flèche, la ligne noire ordinaire de Fraunhofer figurant le bois, et la ligne chromosphérique correspondante le fer. Cette ligne, très-large tout contre le bord du soleil, s'amincissait ensuite en pointe fine ; les autres lignes ne présentent pas cette singularité.

La nature est toujours pleine de surprises : elle nous mé-nageait dans cette ligne de l'hydrogène une de ces surprises et un puissant encouragement à des recherches plus approfon-dies. MM. Plücker et Hittorf avaient déjà montré que, sous certaines conditions, la ligne verte de l'hydrogène s'élargit ; et je fus frappé de cette pensée, que la forme en fer de flèche n'était autre chose qu'une indication de l'élargissement de la raie à mesure qu'elle se rapprochait du bord du soleil.

Je vais maintenant pour un moment laisser l'observation di-recte du soleil, pour vous dire un mot de quelques résultats récemment obtenus par le docteur Frankland et moi-même dans des recherches sur la radiation et l'absorption de l'hy-drogène et de quelques autres gaz et vapeurs.

Et d'abord en ce qui regarde l'hydrogène, que pouvait nous apprendre une expérience de laboratoire touchant la chro-

mosphère et les protubérances? Il était évidemment de première importance :

1° De déterminer la cause de l'élargissement de la raie F.

2° D'étudier soigneusement le spectre de l'hydrogène sous des conditions variées, en vue de savoir s'il a ou non une ligne dans l'orangé.

Nous arrivâmes bien vite à la conclusion que la cause principale, sinon la seule, de l'élargissement de la raie F était la pression.

Cette conviction une fois acquise que les phénomènes présentés par la raie F dépendent des variations de la pression et en sont la marque et la mesure, nous étions en état de déterminer quelle est la pression atmosphérique, d'une part dans une protubérance où les lignes rouges et vertes sont à peu près d'égale largeur, et d'autre part dans la chromosphère, à travers laquelle la ligne verte s'élargit graduellement à l'approche du bord du soleil.

Pour les protubérances élevées, nous avons acquis la conviction que le milieu gazeux qui les compose est dans un état de *ténuité extrême* ; et que même à la surface inférieure de la chromosphère, c'est-à-dire à la surface même du soleil, la pression est bien inférieure à la pression de l'atmosphère terrestre.

J'ai à peine besoin de vous faire remarquer que l'ensemble des observations précédentes nous conduit forcément à modifier en des points essentiels l'hypothèse admise sur la constitution physique du soleil. D'après l'hypothèse de Kirchhof, fondée sur l'examen du spectre solaire, la photosphère est solide ou liquide, et elle est entourée d'une atmosphère très-étendue, froide et obscure, composée de gaz et des vapeurs émises par les éléments incandescents de la photosphère.

Mais au lieu de cette atmosphère complexe, froide et non lumineuse, nous venons de trouver autour de la photosphère une atmosphère en état d'incandescence, lumineuse, et qui nous donne uniquement, ou tout au moins presque uniquement, le spectre de l'hydrogène. Et la ténuité de cette atmosphère incandescente est telle, qu'elle rend extrêmement improbable l'existence de cette atmosphère considérable dont l'apparition de la couronne avait paru indiquer la présence autour du soleil.

Ainsi, voilà déjà l'atmosphère absorbante froide des théoriciens terriblement réduite en hauteur, et devenue de composition beaucoup plus simple que ne l'avait imaginé Kirchhoff.

Le docteur Frankland et moi-même avons encore trouvé :

1° Que l'état gazeux de la photosphère est tout à fait compatible avec l'existence d'un spectre continu, qu'il s'agisse du spectre de la surface générale ou de celui des taches. MM. de la Rue, Stewart et Lœwy avaient déjà annoncé la possibilité d'un pareil état ;

2° Que toute tache solaire est le lieu d'une absorption plus énergique ;

3° Que lorsque la matière photosphérique est injectée dans la chromosphère, on voit des lignes brillantes ;

4° Qu'il y a des lignes brillantes dans le spectre solaire lui-même.

Tous ces faits sont des preuves que l'absorption à laquelle sont dus le renversement du spectre et l'apparition des lignes de Fraunhofer, se produit dans la photosphère même ou extrêmement près de sa surface, et non pas dans le sein d'une atmosphère extérieure très-étendue. Cette conclusion est encore renforcée par cette considération que, s'il en était autrement, les nouvelles lignes brillantes de l'hydrogène devraient elles-mêmes présenter des traces d'absorption suivant la théorie de Kirchhoff. Or, je vais maintenant vous faire voir que, bien loin de là, *elles apparaissent en réalité brillantes sur le centre même du disque* ; et bien plus, que les vapeurs de sodium, de fer, de magnésium et de baryum brillent quelquefois dans la chromosphère, montrant ainsi que les lignes de ces vapeurs s'y feraient voir toujours brillantes, *si les vapeurs y étaient constamment présentes*, comme le veut l'hypothèse de Kirchhoff. Nous pouvons donc dire que la photosphère, *plus* la chromosphère, constituent l'atmosphère réelle du soleil, et que cet astre est dans un tel état de température, que la limite extérieure actuelle de son atmosphère, à savoir la chromosphère, est à l'état d'incandescence.

Quant à la ligne de l'orangé, je ne puis rien vous en dire encore. Nos recherches sur ce sujet ne sont pas terminées.

Il nous faut maintenant descendre plus avant dans les entrailles, non de la terre, mais du soleil.

En règle, la chromosphère repose en concordance, dirait un géologue, sur la surface de la photosphère ; mais l'atmosphère telle que je l'ai définie est violemment agitée par des courants, et partout où ils agissent avec plus de puissance, les couches supérieures de la photosphère sont projetées dans la chromosphère. De là vient que j'ai observé les lignes des vapeurs du sodium, du magnésium, du baryum, et du fer dans le spectre de la chromosphère ; ces lignes sont très-courtes et *très-fines*, beaucoup plus fines en général que les raies noires correspondantes du spectre solaire.

Ces projections de matière photosphérique sont presque toujours accompagnées par les plus étranges distorsions des lignes de l'hydrogène, dont il me reste à vous parler. Parfois, pendant l'éruption, la chromosphère semble pleine de lignes, celles de l'hydrogène s'élevant au-dessus du niveau de toutes les autres.

En même temps les protubérances que j'ai pu récemment observer dans toute leur beauté subissaient d'effroyables transformations. Pour voir ces curieux objets, j'essayai d'abord l'emploi d'une fente oscillante ; puis ayant appris que M. Huggins avait atteint le but au moyen de milieux absorbants et d'une fente largement ouverte, je fus frappé de l'idée qu'une fente large devait seule suffire, et c'est en effet ce qui a lieu. Par cette méthode, les plus petits détails des protubérances et de la chromosphère elle-même deviennent visibles et d'une observation facile, par la raison que voici : Comme vous le savez, les lignes de l'hydrogène, et toutes les autres, n'apparaissent noires dans le spectre de Fraunhofer que parce que la lumière qui devrait peindre l'image de la fente au lieu qu'elles occupent a été absorbée. Mais, lorsqu'une protubérance se projette sur la fente, cette lumière réapparait ; et comme dans le cas d'une quelconque des lignes de l'hydrogène, nous avons affaire à de la lumière de réfrangibilité unique, sur laquelle les prismes n'ont aucune action dispersive, nous pouvons considérer les prismes comme n'existant pas. Puis, comme l'image de la protubérance coïncide avec la fente, nous la verrons comme nous voyons la fente, et plus la fente sera large, plus grande sera la portion visible de la protubérance. Pour voir ainsi la forme et les détails d'une protubérance, nous pouvons faire usage, soit des rayons rouges, soit des rayons jaunes, soit des rayons verts de l'hydrogène ; la largeur qu'on peut donner à la fente dépend de la pureté du ciel au moment de l'observation.

e spectroscope ainsi employé m'a révélé un spectacle tablement enchanteur. Les spectres du soleil et de l'atphère étant cachés par des écrans, et l'image de la e large et de la partie de la protubérance soumise à l'obation étant seule en vue, on fait mouvoir lentement le scope ou la fente le long du bord du soleil, et l'on voit er dans le champ les formes fantastiques des nuages ires telles qu'elles apparaissent durant les éclipses totales. les couches de nuages floconneux, délicatement découpés, pellent l'aspect des haies des campagnes anglaises, entrepées d'ormes au luxuriant feuillage; là ce sont des forêts icales, inextricables fouillis de branches étroitement enacées, qui s'étalent dans toutes les directions, représen par des protubérances qui s'élancent généralement à me qu'elles montent, et qui changent lentement d'une façon que imperceptible.

ne faudrait pas croire que les plus hautes protubérances celles dans lesquelles se manifestent l'action la plus vioe, les changements les plus rapides. L'action visible paraît éralement confinée dans les régions intérieures ou imméement supérieures à la chromosphère; et les changets ont pour cause, ou de violentes éruptions, ou une dissoon rapide: l'éruption est l'origine, la dissolution la fin e protubérance. En règle, la protubérance se relie à la mosphère par un tronc assez mince, le plus souvent mul. Plus haut, les branches semblent s'entrelacer, et la ubérance s'épanouit et s'élève jusqu'à se résoudre en nents délicats, qui finissent par se détacher en masses antes.

epuis le mois d'octobre dernier, jusqu'au moment où j'ai mencé à faire usage du procédé de la fente large, j'avais au des preuves nombreuses des changements considéts que subissent les protubérances d'un jour à l'autre. Avec nte largement ouverte, on reconnaît immédiatement que changements se produisent sans cesse sur une petite lle; mais ce ne fut que le 14 mars que j'observai des vaons de forme comparables en grandeur et en rapidité à s qu'avait signalées M. Janssen.

jour-là, vers 9 heures 45 minutes, la fente étant à peu tangente au bord du soleil au lieu de le couper à angle comme d'habitude, je remarquai près de l'équateur re, sur le bord oriental, une protubérance de structure serrée manifestant des signes d'une violente action intée. A 10 heures 50 minutes, l'agitation s'apaisant, j'ouvris nte, et je reconnus que la constitution de la protubérance totalement changé : elle semblait formée de filaments eux. Le premier dessin, que je mets sous vos yeux, emant une protubérance irrégulière avec une queue lonet très-droite, fut terminé à 11 heures 5 minutes; la ur de la protubérance était de 1′ 5″, environ 27000 s. Je quittai l'observatoire pendant quelques minutes, et n retour à 11 heures 15 minutes, je fus surpris de voir a partie rectiligne de la protubérance avait entièrement ru, il n'en restait plus trace. S'était-elle entièrement dis, avait-elle été absorbée par l'autre portion ? Je ne le sais, ue je penche pour la dernière supposition, car l'autre on avait augmenté de volume.

borne là ce que j'avais à vous dire de la chromosphère et rotubérances, que les récentes observations nous moncomme les couches extérieures de la vraie atmosphère leil. Occupons-nous maintenant des taches.

Et d'abord, en règle, ces mêmes lignes produites par les vapeurs que les courants atmosphériques projettent dans la chromosphère, apparaissent élargies dans le spectre d'une tache, et leur largeur croît avec la profondeur de la tache. Une tache n'est donc pas une simple cavité, c'est une région dans laquelle les vapeurs de sodium, de baryum, de fer et de magnésium occupent un niveau plus bas que leur niveau habituel dans l'atmosphère.

Je vous ai dit tout à l'heure que lorsqu'on voit ces lignes dans la chromosphère, elles sont ordinairement plus fines que leurs correspondantes dans le spectre de Fraunhofer.

Voici maintenant sur le tableau la photographie du spectre d'une tache. Sur toute la longueur du spectre ordinaire, vous voyez courir une bande plus foncée : cette bande obscure indique l'absorption générale, l'extinction de lumière qui a lieu dans la tache. Puis, remarquez comment se comportent les lignes de Fraunhofer; vous les voyez s'élargir sur la tache, brusquement lorsque la tache présente des bords escarpés, graduellement si la tache s'enfonce peu à peu. Cette apparence du spectre est l'effet d'une absorption élective.

Voilà donc deux faits sur lesquels j'appelle votre attention d'une façon toute spéciale :

1° Les lignes du sodium, du magnésium et du baryum, lorsqu'on les observe dans la chromosphère, se rangent parmi les lignes qui sont plus épaisses que leurs correspondantes dans le spectre de Fraunhofer.

2° Les lignes du sodium, du magnésium et du baryum, lorsqu'on les observe dans une tache, se rangent parmi les lignes qui sont plus fines que leurs correspondantes dans le spectre de Fraunhofer.

Cette apparence des raies démontre, à mon avis, qu'une tache est le siége d'une chute ou d'un abaissement de vapeurs absorbantes.

MM. de la Rue, Stewart et Lœwy, qui ont émis cette hypothèse de la chute des vapeurs dans une tache avant que j'eusse été témoin du fait de la chute en 1865, présentaient en même temps comme un des avantages de cette théorie, qu'elle rattache à une même cause tous les degrés de lumière et d'obscurité des diverses régions solaires, depuis les facules jusqu'à l'ombre des noyaux : cette cause serait la présence, sous une épaisseur plus ou moins grande, d'une atmosphère relativement froide et absorbante. Ainsi, la cause de la noirceur des taches est :

En premier lieu, l'absorption générale par cette atmosphère, plus épaisse au-dessus d'une tache, puisque la tache est une cavité.

Et en second lieu, d'après les observations spectroscopiques de 1866, une absorption élective plus considérable.

Le docteur Frankland a bien voulu m'autoriser à vous rendre témoins d'une de nos expériences sur l'absorption, qui vous montrera que les procédés des laboratoires peuvent aisément reproduire cet accroissement d'absorption élective. Je vais vous faire voir sur l'écran la ligne d'absorption du sodium, d'une part aussi fine qu'elle l'est dans le spectre solaire, de l'autre presque, sinon tout à fait aussi épaisse qu'elle se montre dans une tache. Voici le procédé expérimental. J'ai ici une lampe électrique, et au moyen d'une fente j'en fais sortir un mince faisceau de lumière ; ces rayons traversent un prisme de sulfure de carbone, et vous voyez sur l'écran les riches couleurs dues à la dispersion polychrome de cette lumière. M. Pedler va maintenant placer devant la fente un tube de

;énée du soleil, émettant constamment ses ondes lumi-
, et supposons que la corde élastique représente une
ondes. Sa longueur changera toutes les fois que l'hy-
ıe et l'œil de l'observateur s'approcheront ou s'éloigne-
un de l'autre par le mouvement de l'un ou de l'autre.
ı chaque longueur d'onde, avec la vitesse normale de
ıission de la lumière, correspond pour notre œil une
r particulière. Les ondes les plus longues sont rouges,
s courtes sont violettes. Fixons particulièrement notre
on sur l'onde verte, dont la réfrangibilité correspond
gne F de l'hydrogène. S'il survient dans cette raie quel-
ıangement de longueur d'onde, qui n'affecte pas les
voisines, il est clair qu'on ne pourra l'attribuer au
ment de la terre, ni à un mouvement général du soleil,
niquement à un mouvement de l'hydrogène, et de l'hy-
ıe seul.
hydrogène du soleil s'approche de nous, les ondes vont
ıprimer mutuellement ; elles sont donc raccourcies, et
ière tourne au violet, c'est-à-dire à la lumière de plus
longueur d'onde ; et il suffit que ce raccourcissement
ıe un dix-millionième de millimètre, pour que l'in-
e du mouvement devienne sensible.
'hydrogène du soleil s'éloigne de nous, les ondes vont
r, devenir plus longues, et les rayons verts tourneront
ge.
ut maintenant remarquer qu'il est deux circonstances
ntes dans lesquelles l'hydrogène peut s'approcher ou
ner de notre œil. Voici un globe qui nous représentera
eil. Fixez votre œil sur le centre du globe ; il est évident
faut une éruption ou une chute vers l'intérieur pour
ire une altération de la longueur d'onde. Un cyclône,
ouvement latéral, sont sans action, car il n'en résulte
e variation de la distance de la source lumineuse à

ardez au contraire le bord du globe, le limbe, en lan-
astronomique. Ici il est clair que le mouvement de
n bas ou de bas en haut est aussi impuissant à altérer
gueur d'onde que l'était tout à l'heure un mouvement
; mais que s'il existe là quelque mouvement latéral,
ıe cyclône de rapidité suffisante, il sera possible de le
rir. Ainsi, c'est au centre du disque qu'il faut étudier
uvements de bas en haut ou de haut en bas ; c'est sur
l qu'on peut étudier les mouvements latéraux ou gyra-

on voyait les lignes de l'hydrogène s'élargir invariable-
les deux côtés à la fois, il faudrait être très-circonspect
ettre l'idée du mouvement comme cause de cette alté-
; nous pourrions être en présence d'un simple phéno-
dû à un accroissement de pression, que les lignes appa-
t brillantes ou noires sur le soleil. Mais lorsque nous
ons s'étaler tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, quelque-
s deux côtés, l'explication par la variation de pression
t insoutenable ; car dans nos recherches au collége de
, nous n'avons jamais, le docteur Frankland et moi,
é autre chose qu'un élargissement égal ou presque
es deux côtés de la ligne F, lorsque la pression du gaz
augmenter.
voyez sur l'écran un diagramme représentant les
es distorsions qu'éprouve la raie F de l'hydrogène au
du disque solaire. Non-seulement nous avons la raie
te, ainsi que je vous l'ai déjà dit, mais la raie noire est
tordue par places, en s'inclinant généralement vers le rouge ; et souvent, quand cela arrive, nous avons une ligne brillante du côté du violet. Vous la voyez parfois s'arrêter court sur une des petites taches, se gonfler avant de disparaître, devenir invisible dans une facule entre deux petites taches ; se changer en une ligne brillante, et s'élargir du double ou du triple des deux côtés à la fois dans de très-petites taches ; devenir brillante près d'une tache et s'étaler au-dessus d'elle des deux côtés ; très-souvent s'élargir au voisinage d'une tache, et parfois d'une quantité considérable, du côté le moins réfrangible ; et finalement s'étendre en ligne brillante sans épaississement sur une petite tache.

Or, les autres lignes de Fraunhofer que montre le diagramme peuvent être regardées comme autant de bornes miliaires qui nous apprennent avec quelle rapidité ont lieu la chute et l'ascension du gaz. Car toutes ces distorsions des lignes de l'hydrogène ne sont pas autre chose que les variations de longueur d'onde ; et grâce à la carte d'Angström, nous pouvons relever sur le spectre, en dix millionièmes de millimètre, les déplacements de F par rapport à l'axe de cette ligne même ; et nous savons qu'un déplacement de cette ligne d'un dix-millionième de millimètre vers le violet signale une vitesse de 38 milles par seconde vers l'observateur, c'est-à-dire une éruption ; qu'un déplacement égal vers le rouge indique une égale vitesse en sens contraire, une chute de matière sur le soleil. Le fait que la raie noire s'incline vers le rouge montre que c'est l'hydrogène le moins brillant qui descend ; le fait que la ligne brillante, quand on la voit côte à côte avec la raie noire, s'incline vers le violet, montre que c'est l'hydrogène le plus chaud qui monte ; et la variation de longueur d'onde est telle, qu'une vitesse de 20 milles par seconde est très-ordinaire (1).

Quant aux mouvements latéraux, c'est à l'aide des lignes brillantes de la chromosphère vues au bord du soleil que nous pouvons les observer. Ici les vitesses sont beaucoup plus étonnantes encore ; ce ne sont plus des vitesses de chute ou d'ascension, mais des mouvements rotatoires et cycloniques de l'hydrogène.

Je vous montrerai d'abord un cyclône observé le 14 mars, mais permettez-moi auparavant une seule remarque. Quoique la fente employée ait été rendue aussi étroite que possible, à peu près $\frac{1}{1000}$ de pouce (je ne l'ai pas mesurée), une bande de cette largeur sur l'image solaire est quelque chose de considérable ; car l'image solaire au foyer de ma lunette est d'environ 0,94 pouce, si bien qu'après tout la fente laisse pénétrer la lumière d'une bande de 1800 milles de large.

Supposons maintenant que nous ayons un cyclône d'hydrogène incandescent se déchaînant sur un espace de 1500 milles environ avec un mouvement rotatoire extrêmement rapide : il est clair que le cyclône tout entier tombera dans l'intérieur de la fente ; et que, si le mouvement rotatoire est assez rapide, le spectroscope doit séparer les ondes dont la source se

(1) Il paraît bien difficile d'admettre, même pour l'hydrogène et à la surface du soleil, des vitesses d'écoulement telles que le veut M. Lockyer, vitesses supérieures à celle de la terre dans son orbite. L'hydrogène s'écoulant dans le vide ne semble pouvoir sur le soleil acquérir de vitesse supérieure à 8000 mètres par seconde à 0°, et 17 000 mètres environ à 1000°. — Consulter sur les observations mêmes la note du P. Secchi dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris* du 2 août 1869. (*Note du traducteur.*)

REVUE

DES

:OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[XIÈME ANNÉE NUMÉRO 40 4 SEPTEMBRE 1869

Paris, 3 septembre 1869.

cadémie des sciences a élu un correspondant dans la n d'économie rurale, en remplacement de Lindley, le 1er novembre 1865, c'est-à-dire il y a quatre ans. it que cette section ne montre pas toujours un bien vif ɔssement à remplir son cadre. Elle proposait, en pre- ligne, M. Cornalia, de Milan, en seconde ligne, M. Ger- et M. Röll. M. Cornalia a été élu au premier tour de n par 22 voix contre 2 accordées à M. Gerlach et 1 à ll.

it M. Cornalia qui a découvert chez les vers à soie les scules qui portent son nom, et que les travaux de M. Pas- présentent comme le signe caractéristique de la maladie fflige depuis longtemps déjà la sériciculture française. rnalia s'est, lui aussi, beaucoup occupé de la maladie rs à soie, et ses recherches à ce sujet ont confirmé, en e partie, celles de M. Pasteur.

M. Th. de Valcourt, envoyé en Amérique avec une mis- .u ministre de l'instruction publique, pour étudier les ıtions médicales aux États-Unis, en a rapporté un mé- qui contient bea coup de faits intéressants.

ıseignement médical est absolument libre aux États- aussi les écoles de médecine y sont-elles fort nom- es. Un certain nombre de ces écoles font partie versités, soit tout à fait libres, soit patronnées par le gou- ment, qui possèdent également des cours de droit, de s, de sciences ou de théologie. D'autres, au contraire, solées; mais alors elles sont le plus souvent annexées à ôpitaux qui leur servent pour l'enseignement pratique. première école médicale d'Amérique fut fondée à Phila- ɩie, en 1765, par William Shippen et John Morgan avec risation de Th. Penn. Aujourd'hui les villes les plus im- ntes du pays en possèdent plusieurs. C'est ainsi qu'à York on trouve trois écoles également puissantes: le *York college of physicians and surgeous*, fondé en 1791; *ɔersity medical college* fondé en 1841 et qui fait partie : université plus ou moins gouvernementale; enfin le *ɔue hospital medical college* qui date seulement de 1861 ssède déjà un assez grand nombre de chaires spéciales, ɔxemple pour les maladies mentales et nerveuses, les tions de l'appareil génito-urinaire, la chirurgie orthopé- ɔ, etc. Cette école paraît être celle qui jouit de l'installa- matérielle la plus large et la mieux entendue. Outre ces grands établissements, New-York possède encore un col- homœopathique, une école préparatoire de médecine, une école ophthalmologique, un collége médical pour les fem- mes, etc. Philadelphie possède également quatre écoles de médecine, et plusieurs autres villes sont dans le même cas.

Toutes ces écoles ont le droit de donner des diplômes de docteurs, autorisant à pratiquer, et elles ne se font pas faute d'en user. La concurrence des diverses écoles entre elles a eu pour résultat de faciliter les examens au point de les rendre illusoires.

Une partie des élèves en médecine apportent, en entrant à l'École, le diplôme de bachelier ès arts, dont le programme est un peu plus large que celui de nos baccalauréats ès sciences et ès lettres réunis. Mais ce diplôme n'est pas nécessaire pour être admis comme étudiant; certaines écoles exigent, en échange, un examen de latinité et de sciences physiques; d'autres ne demandent rien, excepté de l'argent : 15 à 25 francs pour l'immatriculation, 600 à 1000 francs par an pour les cours, 25 à 50 francs pour les dissections et 100 à 150 francs pour examens et diplômes.

La durée nominale des études est de trois années, qui se réduisent en réalité à deux; encore les cours obligatoires ne se font-ils que d'octobre à mars ou mai; mais, dans la plupart des écoles, on a créé une faculté d'été dont les cours faculta- tifs durent du 1er mars au 15 juin. L'élève ne subit aucun examen pendant le cours de ses études. Lorsqu'il a terminé sa scolarité, il présente une thèse écrite de sa main, et, si elle est jugée suffisante, il est examiné successivement par cha- que professeur, en tête-à-tête, soit à l'Université, soit chez le professeur lui-même; ces examens ne sont pas publics : on craint de trop dévoiler leur faiblesse. La Faculté se réunit ensuite pour décerner le diplôme de docteurs à tous ceux qui n'ont pas eu au moins trois boules noires; ce qui exigerait de leur part beaucoup de bonne volonté. Aussi le nombre des éliminations est-il insignifiant.

Déplorable au point de vue des examens et des élèves, l'or- ganisation américaine produit, au contraire, d'excellents ré- sultats en ce qui concerne les professeurs. Outre les profes- seurs titulaires et sous leur direction, il y a d'abord des professeurs adjoints, puis des agrégés et des professeurs spé- ciaux nommés pour cinq ans, et des répétiteurs annuels. En- fin des docteurs, sous le nom d'*university lecturers*, font des cours auxiliaires sur des sujets spéciaux qu'ils doivent faire approuver. Ce système de liberté et de concurrence entre les diverses écoles permet aux hommes distingués de se produire vite et, à coup sûr, leur offre des positions indépendantes et soutient le niveau de l'enseignement par la rivalité entre les écoles et l'émulation entre les professeurs intéressés à la prospérité de leur établissement. Aussi les cours sont-ils géné- ralement faits avec beaucoup de soin et d'intelligence. La

:. C'est la partie la plus active, la plus vivante de la e; c'est sur elle que se développent les appareils de production; elle représente la partie végétative du ıpignon et se nomme *mycélium*. Pour préciser les idées égard, nous prendrons deux exemples. Lorsqu'on sème ores d'une moisissure, on assiste d'abord à la formation ycélium, puis on voit de distance en distance naître des ents dressés qui portent des spores. Sur le mycélium Agaric, on voit se développer d'abord de petits agré- :ellulaires compactes, et de ceux-ci, nommés *stroma*, dent les Champignons proprement dits, avec leur pied et :hapeau garni de lames qui produisent les spores.

:onnaissance de ce mode de développement, de cette lo- tion si nette des deux fonctions principales de la plante, compte de faits qu'on eut longtemps peine à s'expli- On ne comprenait pas comment, dans des lieux où l'on passé la veille sans rien apercevoir, on pouvait trouver demain une multitude de Champignons : c'est que le ium, caché à tous les yeux, avait préparé le développe- de l'appareil reproducteur, et n'attendait sous terre e circonstance favorable pour le produire au jour. Quoi :n soit, la quantité de cellules qui se forment en quelques s est vraiment prodigieuse, et cette rapide manifesta- e la puissance de la vie ne lasse jamais notre étonne- et notre admiration. On a remarqué, d'autre part, que ie en année on peut retrouver la même espèce fongi- ıns une localité déterminée, et que les Champignons se ent souvent disposés en cercles dont le rayon s'agrandit liquement, et qu'on a depuis longtemps appelés *cercles* ıes, *cercles de fées* ou *de sorcières*.

ersistance et le mode de développement du mycélium ttent de se rendre compte de cette curieuse disposition. ıt, le mycélium s'étend graduellement de plus en plus ı point central où il a pris naissance, par un accroisse- ériphérique rayonnant, et, quand le moment favorable ivé, les appareils de la fructification se montrent circu- ent à la surface du sol. Il poursuit ensuite de la même ıon accroissement amphigène, et produit, l'année sui- un nouveau cercle de Champignons. Il continue ainsi à .re, se détruisant dans ses parties centrales, se multi- dans ses parties extérieures, et donnant ainsi naissance :ercles de plus en plus étendus.

ıycélium peut d'ailleurs se présenter sous divers états. ses filaments sont distincts ou seulement anastomosés ı, il est dit *filamenteux;* si ces mêmes filaments se sou- ntre eux en longs cordons ramifiés, on le nomme :; enfin, ils peuvent se feutrer de manière à former de les membranes de dimensions souvent considérables.

urée de ce mycélium est très-variable selon les espè- peut être annuel et même d'une moindre durée, et ne er qu'une fois; il persiste ordinairement plus ou moins nps, et peut alors fructifier plusieurs fois.

ı ce mycélium peut donner naissance à un *stroma* ıt compacte, qui persiste après la destruction du mycé- t qui constitue ce qu'on avait nommé des *Sclerotium*, e tubercules d'où naîtra plus tard le Champignon pro- ıt dit, ou plutôt sa fructification. La nature de ces *Scle-* avait longtemps été méconnue; on les avait considérés un genre spécial dont on cherchait inutilement le le fructification: c'est M. Léveillé qui, en 1842, a bien établi qu'ils ne sont qu'un état particulier d'autres Champignons.

Les corps reproducteurs des Champignons sont des spores qui consistent généralement en une simple cellule, et se produisent de deux manières différentes. Elles peuvent se montrer à l'intérieur de grandes cellules oblongues, elliptiques ou sphériques qu'on a désignées sous le nom de *sporanges* (1) ou de *thèques;* elles y naissent par formation cellulaire libre. Le nombre de ces spores est quelquefois considérable, mais le plus souvent il est défini; en général, il y en a huit dans chaque thèque, quelquefois quatre seulement. Les Champignons munis de thèques sont désignés sous le nom d'*Endosporés :* tels sont les *Mucor*, les Morilles et les Truffes. Dans le second cas, les spores se développent, non plus à l'intérieur d'une cellule mère, mais sur elle, à son extrémité. Les spores ainsi formées sont le plus souvent au nombre de quatre. Les Champignons qui offrent ce mode de formation des organes reproducteurs sont désignés sous le nom d'*Acrosporés* ou d'*Exospores*. Tels sont les Agarics.

Les organes producteurs des spores sont diversement distribués sur le réceptacle qui les porte. Si nous considérons d'abord les thèques, nous verrons qu'elles peuvent être superficielles, comme cela se présente dans la cupule des Pezizes, tandis que chez les Truffes elles sont au contraire plongées dans l'épaisseur des tissus. La fructification exosporée présente les mêmes caractères; les cellules qui portent les spores occupent une partie de la surface lamelleuse du réceptacle, dans les Agarics, par exemple, et se dérobent dans l'intérieur de ce réceptacle chez les Vesses-de-loup ou *Lycoperdon*.

Ces considérations générales posées, nous allons commencer l'étude des Champignons à fructification exosporée par l'examen des Agaricinées.

Nous distinguerons chez les Agarics, outre un mycélium filamenteux et souterrain, dans la partie fructifère, se développant à l'extérieur, le *volva*, le *pédicule*, l'*anneau* et le *chapeau* (fig. 73).



Fig. 73. — Amanite montrant le volva et les traces du voile.

Le *volva* est une enveloppe générale qui, dans le jeune âge, renferme toutes les parties du Champignon, mais qui est le plus souvent d'une texture si délicate, qu'elle se confond souvent avec la surface du chapeau, et disparaît de bonne heure

(1) Le nom d'*ascus* est aussi souvent employé, dans le même sens, par divers auteurs.

ordinairement en cône renversé ou en entonnoir, présente ce inférieure des veines saillantes et dichotomes; les Boles Polypores, dont l'hyménium tapisse la face interne de (fig. 77) plus ou moins soudés entre eux et plus ou moins cts du chapeau, dont ils garnissent la face inférieure; les lea, dont la membrane fructifère revêt des feuillets sailanastomosés de manière à former des cavités irrégu- et de dimensions variées; les *Thelephora*, dont les batapissent une surface lisse ou un peu papillifère; les um, dont la région séminifère est hérissée de pointes nt des basides vers leur extrémité.

is tous ces genres, l'hyménium, formé par les basides, se oppe à la face inférieure du réceptacle; tandis que dans avaires, l'hyménium revêt toute la surface des expandressées, simples ou rameuses, qui constituent ce singuenre.

us devons faire une petite place à part pour les *Tré-*, qui ont été très-bien étudiées par M. Tulasne, et qui, ne les Agaricinées, appartiennent au groupe des Chamns basidiosporés. Ce sont des Champignons polymorphes, ineux, un peu translucides, de couleur jaune, brune angée, qui croissent sur la terre ou sur le bois mort. la *Trémelle mésentérique* est lobée, plissée, ressemblant fraise de veau ou mésentère, gélatineuse, élastique et belle couleur d'or; elle est uniformément composée, toute sa masse, d'un mucilage incolore et sans texture éciable, où sont plongés des filaments très-fins diverset ramifiés et anastomosés. Vers la périphérie du Chamon, les dernières branches de ce lacis filamenteux donnaissance à des cellules globuleuses émettant successint quatre stérigmates et quatre spores : ce sont autant isides; les spores se déposent comme une fine poussière he tant à la surface de la Trémelle que sur l'écorce qui ourrie.

ppareil reproducteur de cette Trémelle ne consiste pas ment en basides. Il possède, en outre, un système de ients confondus avec ceux qui donnent naissance à ces les, et portent à leurs extrémités de petites utricules sphées que M. Tulasne rapporte à ces spermaties dont nous s déjà signalé la présence dans les Lichens et que nous uvons dans d'autres familles de Champignons.

famille des Lycoperdacées, dont nous allons maintenant occuper, était très-anciennement connue, soit en raison fréquence des individus, soit en raison du phénomène s présentent de lancer un nuage de poussière quand on t à les comprimer, et d'où leur est venu le nom de *Vesses-up*. Leur réceptacle consiste en une enveloppe générale et ectrice, connue sous le nom de *peridium*, recouvrant une e centrale charnue, souvent désignée sous le nom de z, et qui est ordinairement creusée d'un grand nombre chambres closes tapissées par les corps reproducteurs. cune des cloisons qui séparent deux lacunes est recouverte un hyménium garni de basides à quatre spores. A mesure ces Champignons avancent en âge, ils éprouvent des motations dans leur forme, leur couleur et leur consistance, nissent généralement par s'ouvrir au sommet pour laisser apper les spores. Dans les *Lycoperdon* et les *Bovista*, le dium est composé de deux enveloppes juxtaposées et de cture différente. L'extérieure, de beaucoup la plus épaisse, exclusivement formée par un tissu de cellules globuleuses iaphanes : c'est elle qui, dans les *Bovista*, se détache naturellement par parcelles et laisse la dernière à nu. Dans les espèces du genre *Lycoperdon*, au contraire, elle demeure adhérente à l'enveloppe intérieure. Le *Bovista gigantea* est une espèce remarquable par son volume. Il est presque sphérique et peut atteindre plus de 30 centimètres de diamètre. Si l'on songe qu'il prend tout son développement en un jour ou deux, on est frappé de la rapidité avec laquelle doit se faire la multiplication des cellules pour produire une pareille masse, qui renferme des myriades de spores microscopiques.



Fig. 79. — *Geaster tenuipes* (d'après le *Traité général de botanique* de Le Maout et J. Decaisne).

Dans les *Geaster* (fig. 79), la séparation des deux couches du peridium est très-nette. La membrane extérieure, coriace et cartilagineuse, se fend en un certain nombre de segments qui, réfléchis vers la terre, forment une sorte de piédestal étoilé au peridium interne.

Ces élégants Champignons prennent leur entier accroissement sous le sol, cachés à une petite profondeur, où les influences atmosphériques peuvent facilement les atteindre.

Au moment de la déhiscence du peridium et de l'émission des spores, on peut aisément constater, dans nos Vesses-de-loup, que l'organisation multilocellée de la *gleba* a disparu. En effet, à peine les spores sont-elles détachées des basides, que tout le tissu formant les cloisons se ramollit, se désorganise, et semble être résorbé pour faire place à de longs filaments très-colorés, implantés sur toute la partie interne du peridium, et qui ont collectivement reçu le nom de *capillitium*. L'organisation primitive des *Lycoperdon* se retrouve chez la plupart des autres genres de la même famille.

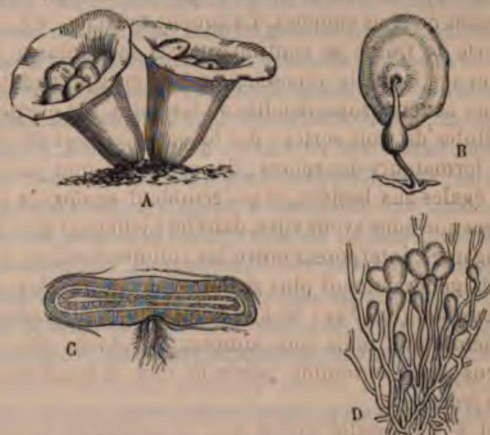


Fig. 80, 81, 82, 83. — *Cyathus vernicosus* (d'après le *Traité général de botanique* de Le Maout et J. Decaisne).

A, peridium ouvert en forme de coupe avec conceptacles secondaires. — B, un conceptacle secondaire avec son funicule. — C, coupe transversale de ce conceptacle. — D, filaments intérieurs se terminant en basides portant quatre spores.

Les genres *Polysaccum*, *Nidularia* et *Cyathus* présentent une structure assez compliquée. Le *Polysaccum crassipes*, qui croît

dans les champs sablonneux et sur les revers des fossés, se reconnaît à un tronc robuste de couleur jaune, simulant une vieille racine que les pluies auraient mise à nu. Il se termine par un peridium globuleux divisé en un grand nombre de cavités par un réseau de tissu utriculaire. Chaque cavité contient une sorte de nucule formée de filaments gélatineux terminés par des basides à quatre ou six spores. Quand l'instant de la dissémination de ces spores est arrivé, l'enveloppe fugace des nucules et les parois des logettes se rompent, et si le peridium commun présente aussi quelque issue, on voit les spores s'échapper à l'extérieur, mêlées à des filaments ténus, sous la forme de fumées légères que le vent disperse aussitôt (voyez fig. 80-83, page précédente).

Les Nidulariées sont du nombre des Champignons les plus intéressants par leur organisation et l'élégance de leurs formes. Ces petites espèces coriaces se trouvent principalement en automne, sur les poteaux, les solives et les brins de bois mort. Leur peridium, d'abord globuleux, se déchire au sommet, et prend bientôt la forme d'une coupe contenant de nombreux conceptacles. Ceux-ci sont disciformes, tantôt attachés au peridium par un petit funicule ombilical, tantôt dépourvus de cet appendice et nichés dans un mucus gélatineux. Ces peridium secondaires ressemblent à de petits œufs déposés au fond du peridium commun; chacun d'eux renferme un nombre considérable de spores.

MM. Tulasne ont exposé tous les détails de la structure des Nidulariées, et montré qu'avant le temps de la maturation, les conceptacles particuliers présentent, sous une triple enveloppe, des filaments rameux dilatés à leurs extrémités, formant des basides couronnées de quatre spores ovoïdes presque sessiles.

Parmi les Champignons qui, comme les Truffes, ont une existence souterraine et lucifuge, il en est que nous devons signaler ici, parce que l'intérieur de la masse charnue qui les constitue présente de nombreuses cavités sinueuses, tapissées par une membrane fructifère analogue à celle qui couvre la surface des cavités semblables des *Lycoperdon*, et dont les cellules superficielles produisent chacune à leur extrémité libre trois ou quatre spores. Celles-ci se détachent successivement et finissent par remplir ces cavités. Ces Champignons, qui constituent le groupe des Hyménogastrées, sont globuleux ou irréguliers, munis d'un mycélium de structure variée; ils se détruisent sans se résoudre en poussière et sont dépourvus de capillitium. Ils végètent dans nos climats pendant presque toute l'année, particulièrement dans les bois ombragés, sous les feuilles tombées et en voie de décomposition. Ce groupe, qui a été particulièrement étudié par MM. René et Charles Tulasne dans leur important ouvrage sur les Champignons hypogés, comprend un certain nombre de genres, tels que les *Hymenogaster*, *Hydnangium*, *Hysterangium*, *Melanogaster*, etc.

Nous mentionnerons enfin un dernier groupe de Champignons basidiosporés, que nous avons désigné sous le nom de Clathracées, et dont les principaux types sont les genres *Clathrus* et *Phallus*.

Ces plantes présentent, dans leur jeunesse, un tissu mou ou spongieux qui occupe certaines parties de la surface ou de l'intérieur du Champignon, et qui est creusé de cavités sinueuses irrégulières, tapissées par des basides munies de 4 à 6 spores à leur sommet. Ce tissu se ramollit bientôt, et l'on n'aperçoit plus qu'une matière visqueuse ayant l'aspect d'un mucilage, et qui, en s'écoulant, entraîne les spores. Mais ce tissu est soutenu par un réceptacle ou par une sorte de charpente plus solide et plus persistante, qui affecte des forn très-diverses; le tout est d'abord enfermé dans un vol Dans les *Clathrus*, le réceptacle se compose d'un certain no bre de branches anastomosées les unes avec les autres et f mant une espèce de grillage au sein duquel est emprisonné tissu hyménial. Ce grillage est d'un beau rouge dans le *C thrus cancellatus*, L., qui est répandu dans toute l'Europe m ridionale.

Dans les *Phallus*, le réceptacle ressemble à celui des A rics et des Bolets, en ce sens qu'il offre un support et un ch peau recouvert par le tissu hyménial. Quand celui-ci tom en deliquium, il répand une odeur infecte et cadavéreuse. *Phallus impudicus*, qu'on rencontre aux environs de Par est souvent désigné sous le nom de Morille fétide, parce q la face externe de son chapeau est parsemée d'alvéoles po gonaux semblables à ceux qu'on observe dans la Morille, et sont remplis d'une couche fructifère charnue et verdâtr

Parmi les plantes que nous avons étudiées jusqu'ici et constituent la grande division des Champignons basidiospor nous n'avons trouvé qu'une seule sorte de spores, et, si ce n' dans les Trémelles, aucune trace d'organes qu'on ait considérer comme fécondateurs.

Nous allons actuellement voir l'appareil de reproduction compliquer de nouveaux modes de production des spores, de l'apparition fréquente de ces conceptacles spéciaux q nous avons signalés déjà dans la famille des Lichens, sous nom de *spermogonies*.

Considérons d'abord le groupe des Pezizées ou Discomycè dont les Pezizes, les Helvelles et les Morilles sont de vulgair représentants.

Les Pezizes sont extrêmement nombreuses, se rencontren dans tous les lieux, et végètent sur la terre, les feuilles morte les tiges des plantes, les troncs d'arbres qui commencent se décomposer. Elles présentent un réceptacle sessile ou p donculé en forme de coupe, d'assiette ou d'entonnoir. De co cave qu'elle était, la coupe devient souvent aplatie avec l'âg Sa consistance est variable : elle est tantôt fragile comme la cire, tantôt flexible; elle est membraneuse, charnue ou riace. Sa face externe peut être glabre, tomenteuse, villeu granuleuse ou verruqueuse.

La cavité de cette cupule est tapissée par un hyméni composé de thèques mélangées avec des paraphyses.



Fig. 84 et 85. — *Ascobolus pulcherrimus* (d'après le *Traité général de b nique* de Le Maout et J. Decaisne).

A, coupe du Champignon entier, montrant la couche hyméniale à sa surface rieure. — B, thèques et paraphyses composant la couche hyméniale.

Les thèques ont la forme d'une petite massue ou d'un tu cylindrique, et renferment presque constamment huit spo qui peuvent être rondes, ovales, elliptiques et rarem

ìaires. Ces spores sont lancées dans l'air d'un moment autre avec élasticité, et forment une espèce de nuage.

.es paraphyses sont ordinairement simples, rarement ra-uses, filiformes ou terminées à leur extrémité par un petit flement contenant dans leur intérieur un liquide blanc, lin ou coloré.

:ette organisation se présente non-seulement dans le genre *iza*, mais dans plusieurs genres voisins, les *Ascobolus*, les *ctis* et autres.

.es *Helvelles* ont une coupe fructifère en forme de mitre, léchie sur un stipe souvent caverneux, sinueuse, lobée, rile à sa face inférieure, et couverte à la face supérieure n hyménium à thèques tubuleuses contenant huit spores.



FIG. 86. — Morille comestible (d'après le *Traité général de botanique* de Le Maout et J. Decaisne).

.es *Morilles* ont un réceptacle arrondi, ovoïde ou conique, ux à l'intérieur, extérieurement excavé d'alvéoles nom-ux, irrégulièrement polygonaux, et supporté par un licule distinct, creux, plus ou moins long, avec lequel il se tinue immédiatement. Les organes de la fructification ouvrent les parois des alvéoles, et consistent en thèques ıngées, cylindriques, qui renferment huit spores. Les para-'ses sont peu nombreuses et filiformes.

l ne faudrait pas croire que l'appareil de multiplication Pezizées ne consiste qu'en des spores contenues dans des ques.

l résulte des belles recherches de MM. Tulasne que non-lement les Pezizées d'un ordre inférieur, mais aussi celles représentent les types les plus caractéristiques de leur upe naturel, sont pourvues d'un appareil reproducteur ltiple. Ainsi elles peuvent présenter des *conidies*, sortes gongyles nés, soit directement du mycélium, soit du ımpignon encore réduit à une forme très-rudimentaire; *stylospores*, c'est-à-dire des corpuscules ressemblant assez r la forme et le volume aux spores endothèques, qui ger-nt comme elles, mais qui se développent dans des concep-tacles nommés *pycnides*, sans être contenus dans des thèques; des *spermaties*, dont le rôle fécondateur, pour n'être pas démontré, ne laisse pas que de présenter une grande probabilité.

Ce que nous venons de dire demande à être éclairé par quelques exemples.

Sur les rameaux morts du Groseillier rouge vit un petit Champignon qui était autrefois une Pezize, et qui est aujourd'hui le *Cœnangium Ribis*, Fries. Alors qu'il est encore enfermé sous l'écorce, il émet des conidies. Dès qu'il apparait au dehors, il produit des tubérosités dont les unes sont des cupules produisant des thèques, et les autres des conceptacles de nature différente. Si on les coupe verticalement, on reconnait sous leur écorce épaisse un certain nombre de petites cavités tapissées d'un véritable hyménium, c'est-à-dire de basides très-courtes, à peine distinctes au milieu de l'innombrable quantité de spores qui les couvrent et obstruent toute la loge. M. Tulasne considère ces petits appareils comme des pycnides pluriloculaires. Les cupules avec thèques de la même plante ont la structure anatomique des Pezizes, et n'ont de commun avec les pycnides que de croître sur le même stroma, fréquemment mêlées avec elles. On y trouve de longues thèques qui contiennent six à huit spores linéaires.

Le *Bulgaria inquinans*, Fries (*Peziza nigra*, Bull.), présente également un bel exemple de la multiplicité des organes reproducteurs. Ce Champignon croît dans l'écorce du Chêne, du Charme et du Châtaignier. Ce n'est d'abord qu'un tubercule très-obtus qui rompt les couches de l'écorce; il est alors brun. Sa surface ne tarde pas à se couvrir de gerçures irrégulières; à mesure qu'elles se creusent, ces cavités rejettent au dehors une matière pultacée ou semi-pulvérulente toute composée de spermaties. Primitivement la masse du Champignon est un lacis confus de filaments très-fins plongés dans un épais mucilage, et partagée en lobes multiples, étroits, sinueux et irréguliers. Ce sont les extrémités obtuses de ces lobes, réunies au sommet du tubercule initial du *Bulgaria*, qui engendrent dans leur sein ces spermaties et s'entr'ouvrent ou se déchirent pour leur livrer passage. Il n'est pas rare de trouver au milieu des spermaties des corps ovoïdes d'un noir violet très-foncé, et beaucoup plus gros que les spermaties qui naissent sur des styles ou basides linéaires et représentent des stylospores. Quand la production dont nous venons de parler est terminée et que tous ces corpuscules ont été entraînés par le vent ou les pluies, apparaissent les premiers rudiments de la cupule qui doit donner des thèques à huit spores. M. Tulasne a remarqué de plus que les filaments-germes émis par les spores peuvent produire eux-mêmes des corpuscules qu'il considéra d'abord comme des spermaties, mais qu'il désigna plus tard sous le nom de petites conidies (*conidiola*).

Le *Coryne sarcoides* offre pour caractère saillant un phénomène de dimorphisme bien digne de fixer l'attention du physiologiste. Les cupules pezizoïdes de cette plante sont effectivement presque toujours jointes à des productions spatulées, claviformes ou linéaires, plus ou moins abondantes et qui procèdent du même stroma. Toute leur partie supérieure est chargée d'une pulpe rosée, composée de corpuscules linéaires très-fins nés de filaments rameux et déliés qui revêtent toute la surface de ces organes : ce sont donc de véritables spermogonies. De semblables groupes de spermogonies privées de cupule séminifère avaient été regardés comme appartenant à une espèce de Trémelle. Ajoutons que

ées sont obscurément trigones. Le parenchyme blanc, assant, dont il est formé se compose presque en toutes ies d'utricules globuleuses polyédriques, à parois assez s, ne contenant pas de fécule, mais une huile limpide. n mycélium condensé, une sorte de stroma qui a la té de se conserver, et de vivre à la façon d'un tuber- n attendant le moment où il donnera naissance à une le production. Aussi l'avait-on désigné sous le nom de *ium clavus*, en le plaçant dans ce genre constitué sur ampignons dont on a reconnu plus tard l'état imparfait. ulasne, ayant recueilli des Ergots de Seigle au mois de les planta peu de temps après, et les premiers indices r végétation se manifestèrent vers la fin d'octobre. Il s sur plusieurs d'entre eux apparaître de petits tuber- lanchâtres; en même temps le parenchyme de l'Ergot ait le sort du périsperme des graines qui germent, et lui-même celui des tubercules qui commencent à de nouvelles tiges. Les petits tubercules s'élevèrent peu sur une tige cylindrique, et leur tête globuleuse ientôt à sa surface une multitude de fines ponctuations rement espacées, et dans lesquelles il fut facile de re- tre les ostioles d'autant de petits conceptacles. Ces con- es à minces parois étaient intimement soudés au paren- qui les enveloppait, et contenaient des thèques unies paraphyses linéaires. Les spores contenues dans ces s, au nombre de huit, étaient semblables à des fils très-



et 88. — Ergot de Seigle, ou mycélium tuberculeux chargé de *Claviceps purpurea*. — *a*, *a*, *a*, conceptacles.



et 90. — Sommités du *Claviceps purpurea* avec leurs conceptacles, *a*, *a*, *a*, sur la coupe.

st le mode d'évolution du *Claviceps purpurea*, qui croît lement sur le Seigle, mais sur beaucoup d'autres Gra- ; qui commence à se manifester par un appareil pro- des conidies, se continue en cet Ergot dont l'origine ture ont été si longtemps méconnues, et manifeste la ltime et principale de son existence par le dévelop- d'un appareil thécifère complet.

ins Champignons qui se développent sur des insectes longtemps considérés comme appartenant à des types parce que l'on confondait leurs divers modes de repro- . Ainsi M. Tulasne a montré que le *Torrubia mili-* ui se développe sur la chenille du *Bombyx Rubi*, re- présente dans son état conidifère un genre jadis désigné sous le nom d'*Isaria farinosa*, et dans son état thécifère le *Sphæria militaris*. Il paraît probable que le *Botrytis Bassiana*, ou la Mucédinée des vers à soie muscardinés, n'est autre chose que l'appareil conidifère du *Torrubia sinensis*. Ce genre comprend d'ailleurs plusieurs autres espèces décrites et illustrées par MM. Tulasne dans le *Selecta Fungorum Carpologia*, ce véritable monument élevé à la science mycologique par les deux frères. Le mycélium des *Torrubia* est formé de filaments très-ténus, qui envahissent le corps de l'animal et lui communiquent une consistance insolite. Il en naît un stroma charnu qui se présente sous la forme de branches grêles, soit simples, soit rameuses, ou d'axes plus épais, le plus souvent simples, dressés et renflés au sommet. Les branches grêles portent dans leur partie supérieure de petites conidies globuleuses ou linéaires; les axes plus forts produisent de petits périthèces tantôt nichés dans ce stroma, tantôt saillants à sa surface. Ils renferment de longues thèques linéaires dont les spores filiformes et cloisonnées se divisent finalement par articles.

Les Hypoxylées, dont nous venons de faire connaître quelques formes remarquables, constituent une des familles de Champignons les plus nombreuses en espèces; mais la plupart ne consistent qu'en des tubercules charbonneux, simples ou composés de petites sphères agrégées ressemblant à des granules de plomb, d'un noir brillant, se développant sous l'écorce des branches ou des herbes mortes, qu'ils soulèvent et déchirent.

Mais si ces végétaux sont bien peu apparents, ils n'en sont pas moins intéressants, comme on vient de le voir, par les phénomènes variés de leur reproduction. Ceux qui vivent sur les végétaux vivants ou sur divers animaux deviennent pour eux une cause de destruction, et ont dû, à ce point de vue, fixer plus spécialement notre attention.

Les Tubéracées nous intéressent à un autre point de vue, plusieurs de leurs espèces étant recherchées comme aliment. Ce sont les Champignons le plus manifestement lucifuges, et cette existence cachée enveloppait leur histoire de beaucoup de mystère avant les recherches approfondies de MM. Tulasne frères sur les Champignons hypogés. Plusieurs d'entre eux naissent d'un mycélium floconneux ou byssacé. Des observations suivies avec soin dans les truffières du Poitou ont démontré à MM. Tulasne que les Truffes proprement dites ont aussi un mycélium produisant des corps charnus et fongueux, mais se détruisant promptement pour les laisser continuer à s'accroître isolément. Ils ont vu, dans le courant de septembre, le sol des truffières traversé par de nombreux filets blancs, cylindriques, bien plus ténus qu'un fil à coudre ordinaire, et cependant composés eux-mêmes de filaments microscopiques cloisonnés, de 3 à 5 millièmes de millimètre de diamètre. Ces filets blancs se continuent avec un mycélium byssoïde floconneux, de même nature, qui entoure les jeunes Truffes, et forme immédiatement autour d'elles comme un feutre blanc de quelques millimètres d'épaisseur, dont les filaments se continuent directement avec la couche externe de la jeune Truffe, à peine grosse comme une cerise à cette époque. Bientôt cette enveloppe byssoïde se détruit peu à peu, d'abord partiellement, puis entièrement, et la Truffe paraît complétement isolée dans le sol.

Le peridium des Tubéracées est presque toujours confondu avec le corps même de la *gleba*, et ne paraît autre chose que leur surface modifiée. Ce qui leur tient lieu de peridium est une couche compacte et charnue formée de cellules polygo-

es par le semis. On a constaté que le développement de iampignons si recherchés était rendu plus abondant par ssence, dans un sol déjà fertile en Truffes, des racines de ines essences forestières encore jeunes, des Chênes par ple. Ceux-ci doivent être assez espacés pour que le sol uffisamment aéré et reçoive directement l'action des is solaires. L'influence des prétendues *mouches truffières* urait s'expliquer qu'en admettant que les larves, vivant la plante, peuvent faciliter la dissémination des spores. le midi de la France, on a prétendu qu'on obtenait de eurs résultats en semant des glands de Chêne récoltés des arbres où il y avait des Truffes. Mais l'existence de *s truffiers* est-elle positive? Et en la supposant telle, ne rait-on pas admettre que les glands récoltés dans ces con-is ont entraîné avec eux des spores échappées par les fis-du sol?

us ne terminerons pas l'histoire des Champignons hypo-ans dire quelques mots du genre *Rhizoctonia*, qui est e imparfaitement connu, mais qui doit cependant attirer attention, en raison des dégâts qu'il cause dans nos cul-. Le *Rhizoctonia violacea* investit les bulbes du Safran it la fin du printemps et le cours de l'été, c'est-à-dire int le temps où cette plante, dont la végétation com-e en automne, est à l'état de repos. Le premier état du ipignon parasite consiste en de très-petites houppes de ents blancs, qui se développent sur la face interne des ues du bulbe. On remarque qu'elles naissent exclusive-: en regard des petites cavités au fond desquelles sont pla-olément les stomates. Ces houppes ne tardent pas ensuite onner autour d'elles, et à engendrer une mince couche ïde qui envahit peu à peu toute la surface de la foliaire. Cette couche, d'abord blanche, prend bien-ie teinte violacée, qui devient chaque jour plus intense. int qu'elle est encore blanchâtre, on voit, à la place cupaient les petites houppes, se former des mamelons ius, qui passent successivement par les mêmes teintes e feutre qui les porte. D'abord hémisphériques et obtus, ipart sont ensuite surmontés d'une papille, et imitent le développement des périthèces de beaucoup de Sphé-Chacun d'eux s'enfonce dans la cavité stomatique, it s'opposer aux fonctions de l'appareil qui en occupe d. Ces petits corps sont pleins et sans ouverture. Leur ince est consistante, humide et obscurément filamen-. Les progrès de la couche byssoïde sur laquelle sont nées rtes de périthèces sont fort rapides. Après avoir revêtu la face interne des tuniques, elle envoie ses filaments s au travers de leurs fibres dissociées ou dégarnies de cellulaire, et finit par lier entre elles toutes ces gaînes, int qu'elles ne forment bientôt plus qu'une seule enve-épaisse, dont les parties constituantes ne peuvent être ment isolées. Ce mycélium dépérit ensuite; il noircit irbonne toutes les parties du bulbe sur lesquelles il s'ap-ait, pendant qu'au dehors il couvre la robe du bulbe byssus violacé.

mycélium, quand il paraît ainsi au dehors, se compose aments d'un rouge violacé, rameux, qui tantôt recou-les tuniques du *Crocus* d'une couche moelleuse unifor-ent épaisse, et tantôt se développent, en quelques points, bercules arrondis ou oblongs. D'autres s'associent en temps en cordons rameux et radiciformes, qui pénè-dans le sol ambiant, en agglomérant les particules autour du bulbe, ou bien vont gagner les Safrans voisins et s'y propager de nouveau.

Les filaments qui végètent à l'extérieur du bulbe sont d'abord blanchâtres, puis violacés. Ceux qui se condensent en tubercules ont la consistance du feutre; ils ne naissent pas seulement à la surface des tuniques du Safran, ils se dévelop-pent aussi sur les cordons radiciformes qui s'étendent autour de la plante attaquée. M. Tulasne, après Duhamel et Bulliard, a étudié avec beaucoup de soin la nature de ces corps tubéri-formes violets, et il lui a été impossible d'y découvrir autre chose que des filaments agglomérés, qu'un *carcythe* d'une den-sité plus grande que les autres parties du mycélium. Il n'a vu dans ces corps aucune lacune régulière, ni aucune variété de parties différemment organisées. Il n'y a jamais rencontré de corps reproducteurs, ni rien qui leur ressemblât. Ils semblent destinés à conserver la perennité du Champignon, pendant que toutes les autres parties du mycélium se détruisent. Il paraît certain, du moins, que pendant l'hiver ils survivent presque seuls à la destruction du bulbe du Safran, et sans doute qu'au printemps ce sont eux qui émettent les cordons ou filets destinés à exercer de nouveaux ravages. Sous l'in-fluence du parasite, le bulbe du Safran commence par jaunir, puis se transforme en une sorte de bouillie blanchâtre. La même espèce de *Rhizoctonia*, jadis désignée par de Candolle sous le nom de *Rhizoctonia Medicaginis*, présente des filaments violets ou d'un brun rouge, feutrés en couches minces autour des racines de la Luzerne cultivée, associés en cordons rameux ou agglomérés en noyaux solides, souvent épars dans le sol, et que de Candolle regardait à tort comme le Champignon proprement dit. Les couches filamenteuses acquièrent surtout de l'épaisseur dans les points où l'enveloppe cellulaire de la racine paraît le plus gorgée de sucs. Là seulement elles se couvrent de tubercules miliaires signalés par M. Tu-lasne. La section de ces corps lui a présenté une sorte d'écorce épaisse, formée de fibres très-condensées, et une cavité centrale dans laquelle s'allongent des filaments mous et brunâtres, nés des parois du cortex. Ces mêmes corps deviennent noirs avec l'âge. Leur sommet reste clos; mais, de leur base ouverte, quelques filaments inférieurs pénètrent dans le tissu sous-jacent de la racine. M. Tulasne a vainement cherché des spores dans ces sortes de périthèces. On trouve, vers la fin de juillet, des pieds de Luzerne qui indiquent, par leur végétation languissante, les progrès souterrains faits par la Rhizoctonie : les feuilles, après s'être fanées, se dessèchent sur les tiges, qui perdent elles-mêmes peu à peu leur couleur verte. Après la mort des tiges, les racines subissent une alté-ration très-rapide : leur enveloppe extérieure se ramollit et se sépare du corps ligneux central; celui-ci se colore de taches roses et noires, et se pourrit. La végétation parasite dans les champs de Luzerne y dessine des cercles frappés de mort, ce que les cultivateurs expriment en disant la Luzerne *couronnée*.

Les Erysiphe constituent une petite famille distincte qu'on ne saurait rapporter à aucun des groupes précédents. Ce sont de petits Champignons parasites, dont plusieurs sont connus des horticulteurs sous le nom de *blanc* ou de *meunier*, et qui se développent sur les parties vivantes et aériennes des plan-tes vasculaires. Leur mycélium floconneux est formé de fila-ments entrelacés rampants et munis çà et là de crampons dont les fonctions rappellent à plusieurs égards les suçoirs des Cus-cutes. Ce mycélium ne pénètre pas à l'intérieur des tissus

végétaux qui le portent; mais cette pénétration n'est pas nécessaire pour établir le parasitisme des *Erysiphe*, qui paraît justifié par leur présence exclusive sur les parties vivantes des végétaux, et par les altérations diverses et les effets nuisibles qu'ils produisent.

Des filaments de ce mycélium, qui ne varie guère que par sa densité, naissent d'abord des branches dressées dont les articles plus ou moins nombreux se renflent en utricules ellipsoïdes, et constituent autant de *conidies* (fig. 94, A) fournissant un premier moyen de multiplication à la plante parasite. Des *pycnides* constituent une seconde sorte d'appareil reproducteur. Dans ces Champignons, elles sont de forme variée : tantôt ovoïdes, pédicellées, semblant résulter de la transformation d'une des cellules des filaments conidifères dont nous venons de parler en une vésicule polyspore (fig. 94, B); tantôt sessiles, oblongues ou globuleuses, et ressemblant alors aux conceptacles thécifères qui constituent la fructification la plus parfaite de ces petits Champignons. Ces organes renferment des spores nombreuses, libres, d'une extrême ténuité; ils ont été pris d'abord pour l'appareil reproducteur d'un végétal spécial, et ont donné lieu à la formation de plusieurs genres (*Ampelomyces*, *Cicinnolobus*). Enfin, la plante est complétée par l'apparition tardive d'une forme de l'appareil reproducteur, qui est celle de conceptacles contenant des thèques ou sporanges assez semblables à ceux des Tubéracées. Cette forme est plus importante que les précédentes, parce qu'elle détermine la place de ces petits végétaux dans la série générale des Champignons. Ces conceptacles (fig. 95, C) sont globuleux, sessiles, d'abord blancs, puis jaunâtres, brunâtres et finalement noirs. Ils sont très-élégamment ornés d'appendices dont la forme, les dimensions et la position varient généralement avec les espèces que l'on considère, et ont servi à définir et à grouper ces espèces en sections que quelques auteurs, M. Léveillé en particulier, ont considérées comme des genres distincts et désignés sous les noms de *Podosphæria*, *Sphærotheca*, *Phyllactinia*, *Uncinula*, *Calocladia*. Ces appendices sont longs et flexueux, ou courts et rigides, blancs ou colorés, simples ou bifurqués, ou encore divisés en branches plusieurs fois dichotomes et divariquées. Pour se faire une idée de la beauté de ces petits appareils, il faut consulter les admirables figures qu'en ont données MM. Tulasne dans leur *Selecta Fungorum Carpologia*.

Tantôt ces appendices sont implantés sans ordre sur tous les points de la surface des conceptacles; tantôt ils s'insèrent comme les rayons d'une roue vers l'équateur du fruit; ici ils se dressent comme une houppe de poils sur son sommet même, et là ils en couvrent tout l'hémisphère inférieur.

Ces conceptacles renferment des thèques obovales ou globuleuses, en nombre défini ou indéfini, quelquefois solitaires et contenant deux à huit spores. Les thèques sont fixées par un court onglet à la base du conceptacle, et dirigent vers le sommet de celui-ci leur extrémité supérieure amincie, de manière à en faciliter la rupture. M. Tulasne a cherché vainement à voir comment les spores sont mises en liberté et disséminées. Tout porte à croire que les conceptacles des *Erysiphe*, après avoir passé l'hiver sur le sol, au milieu des feuilles qui les ont nourris, s'ouvrent irrégulièrement pour laisser passage aux thèques et aux spores.

La maladie qui depuis une vingtaine d'années a fait tant de ravages dans nos vignobles est causée par un *Erysiphe* dont la forme dernière et parfaite de reproduction ne s'est pas développée en Europe, ce qui peut faire croire à son [ori]gine exotique et probablement américaine.

Le prétendu *Oidium Tuckeri* représente donc l'appareil [...]dique de l'*Ampelomyces*, les pycnides de l'*Erysiphe Tucker*[...] Champignon forme sur les feuilles une trame légère [...]blable à une toile d'araignée, et enlace de ses filaments [...] serrés les grains de raisin, dessèche et durcit leur épide[...] qui, ne pouvant plus suivre l'accroissement des tissus [...]jacents, se rompt et entraîne la destruction des grains.

Il a fait son apparition en 1847, dans des serres d'Angle[terre] où l'on cultivait la Vigne. Il a pullulé depuis dans une pr[...]tion inouïe, et s'est étendu dans la plus grande parti[e de] l'Europe. On s'explique la facilité de sa propagation, lorsq[u'on] songe que, d'après des calculs approximatifs de M. [...] Mohl, un seul grain de raisin peut, au moyen des pyc[nides] qui le recouvrent, produire un million et demi de spore[s ...] ne sait pas encore comment se fait la transmission de la [...]die d'une année à l'autre. Une partie des spores se conser[vent-]elles dans les fissures de l'écorce ou à la surface du sol [...] spores ne possèdent-elles leur faculté germinative qu'à [...] que du développement des feuilles? Quoi qu'il en soi[t, le] soufrage a été reconnu comme le procédé le plus simpl[e et] le plus efficace pour la destruction du redoutable para[site.] Nous ajouterons que les espèces de Vignes spontanées en [Amé]rique sont attaquées par le même Champignon ou par [une] espèce très-analogue (*Erysiphe necator*), qui présente dan[s ces] conditions tous ses degrés de développement, et par co[nsé]quent son troisième appareil reproducteur (fig. 94 et 95).

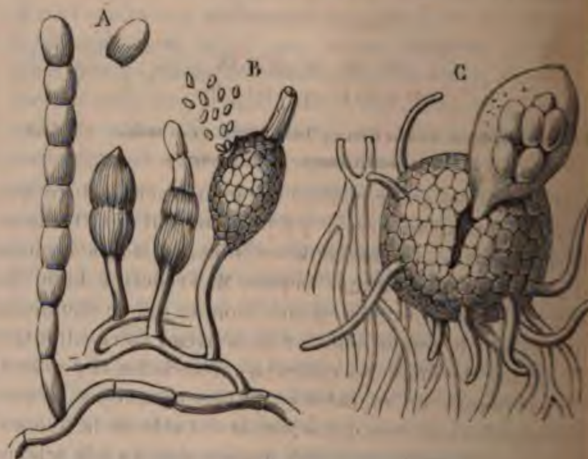


FIG. 94 et 95. — *Erysiphe pannosa*.

A, filament conidifère et conidie. — B, pycnide et stylospores qui en sort[ent]. C, périthèce avec une thèque qui en sort et renferme des spores.

M. Tulasne a décrit et figuré plusieurs espèces d'*Ery*[*siphe*] qui croissent sur des plantes très-variées. Nous nous con[ten]terons de signaler ici l'*Erysiphe pannosa*, qui est fréquent [sur] les Rosiers cultivés ou sauvages, et qui envahit le Pêcher [au] grand détriment des horticulteurs. Il est vulgairement co[nnu] sous les noms de *blanc*, *meunier*, *lèpre du Pêcher*. Les pyc[nides] y sont très-abondantes, tant sur les feuilles que sur [les] rameaux de l'année. Les périthèces, rares sur les feuill[es, se] trouvent au contraire fréquemment sur les rameaux, [en] grande partie cachés par l'épaisse couche de filaments dr[essés] qui les entoure et forme comme un feutre blanc sur [les] rameaux.

Une autre espèce qui mérite d'être signalée, est l'*Ery*[...]

Lupuli, qui attaque le Houblon, nuit à son développement, et cause ainsi beaucoup de tort dans les houblonnières.

Par la structure de leurs organes de reproduction les plus parfaits, constitués par des thèques ou sporanges renfermés dans un conceptacle commun ou périthèce, les *Erysiphe* se rattachent aux Champignons endosporés, tels que les Hypoxylées et les Tubéracées. La nature de leur mycélium, ne formant pas de stroma compacte, les fait ressembler et les a fait quelquefois confondre avec les Mucédinées, auxquelles leur fructification conidifère peut les assimiler. Ces plantes constituent ainsi un groupe distinct assez difficile à classer, et qui termine la série des Champignons thécasporés.

Des observations de M. de Bary, qui n'ont pas été, que je sache, répétées par d'autres naturalistes, montreraient dans ces petits Champignons des phénomènes de copulation analogues à ceux que nous avons cités dans certaines Pezizes. En effet, le savant mycologue allemand a observé, sur l'*Erysiphe Cichoracearum*, que les filaments rampants du mycélium, dans les points où ils se croisent, produisent quelquefois deux petites vésicules dressées, dont l'une, considérée comme une anthéridie, s'appliquait sur l'autre, qui, à la suite de cette fécondation, devenait un conceptacle parfait, phénomène qui rattacherait ainsi les *Erysiphe* aux Pezizes, et peut-être à d'autres Champignons thécasporés.

Rédigé sous la direction de M. AD. BRONGNIART,

par ARTHUR GRIS, aide-naturaliste de la chaire de botanique.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. W. H. PERKIN
de la Société royale de Londres

Les matières colorantes les plus récentes. — Les ammoniaques composées.

Vous n'avez pas encore oublié la remarquable lecture que fit pour la première fois, il y a près de sept ans, l'illustre chimiste Hofmann, sur les couleurs *Mauve* et *Magenta*, toutes deux provenant du goudron. Depuis, M. Frederick Field est revenu sur ce sujet. On peut donc s'étonner que je vienne, au bout de si peu de temps, appeler de nouveau votre attention sur la chimie des matières colorantes artificielles. Cependant, je n'ai pas besoin de rappeler qu'à notre époque les progrès les plus rapides sont ceux qui se font avec l'aide de la science. Rien ne montre mieux ce rapide avancement dû à la science que l'histoire, depuis son commencement si humble, de ces matières colorantes. Cela explique assez, je crois, que je revienne sur cette étude.

Il y a déjà plus de treize ans que la première de ces matières colorantes, le mauve, vint au monde ; le magenta ne parut que deux ans plus tard. Depuis, chaque année on a vu s'augmenter cette remarquable classe de produits, et ils se sont tellement multipliés que je ne pourrai vous parler que des parties les plus intéressantes de leur histoire chimique.

On se rappelle que c'est dans les fabriques de gaz d'éclairage que l'on obtient le goudron par la distillation de la houille, et qu'il se compose d'un grand nombre de produits dont ne viennent que pour une faible part nos matières colorantes. Plusieurs dérivent de l'*aniline*, qui est une des bases organiques fournies par le goudron. On arrive difficilement à séparer cette base des autres composés du goudron, parce que la totalité de l'aniline employée dans les fabriques de matières colorantes se prépare avec le produit le plus volatil, le *benzol*. On convertit d'abord, par l'action de l'acide nitrique, le benzol en une huile lourde jaune. Ce nouveau composé est à son tour transformé en aniline par l'action de l'hydrogène naissant. Cependant le benzol du commerce est toujours un mélange de benzol et de toluol, et les produits obtenus sont un mélange d'aniline et de toluidine, toutes deux nécessaires pour la fabrication des matières colorantes. Aussi l'aniline du commerce a l'apparence d'un liquide huileux, le plus souvent avec la couleur pâle du sherry. Elle se dissout facilement dans les acides étendus et forme des solutions presque incolores. Celles-ci, traitées par le bichromate de potasse, laissent déposer une poudre d'un noir foncé. Ce produit de maigre apparence donne cependant la belle couleur mauve, que l'on peut extraire au moyen de l'alcool aqueux.

Comme la couleur mauve est la première de celles que l'on a tirées du goudron, je dois vous dire quelque chose de ses propriétés. Elle est d'abord caractérisée par une grande stabilité, que l'on ne retrouve pas dans les autres couleurs du goudron. Cette matière colorante pure renferme une base organique puissante, la *mauveine*. Cette base est dissoute dans l'alcool et donne une solution violette foncée. On développe les belles teintes mauve ou pourpre en unissant cette base aux acides. On emploie le plus souvent, comme matière colorante, l'acétate de mauveine ; ce sel s'obtient en petits cristaux doués d'un grand éclat métallique. La mauveine a une si grande affinité, pour les acides même les plus faibles, que sa dissolution alcoolique tourne rapidement au pourpre en présence de l'acide carbonique de l'haleine. L'hydrogène naissant décolore la mauveine, que l'oxygène de l'air ramène immédiatement à sa première couleur. L'indigo présente ordinairement le même phénomène, mais il ne revient pas aussi vite que la mauveine à sa couleur primitive.

Dès 1836, Runge tira des produits donnés par la distillation de la houille une huile alcaline qui, traitée par le chlorure de chaux, fournit une remarquable coloration bleue. Plus tard, on trouva que cette huile, qu'il avait appelée *kyanol*, ou huile bleue, était de l'aniline. Depuis la découverte du mauve, la coloration bleue, ainsi produite par le chlorure de chaux, a souvent été attribuée à la formation de cette matière colorante. Je suis arrivé facilement à obtenir, à l'état solide, le produit de Runge, et j'ai trouvé que, dissous dans l'alcool, il donne une couleur bleue presque pure, qui passe au rouge brun sous l'action de l'ammoniaque. Cela le différencie complétement du mauve qui, traité de même, passe du pourpre au violet. Quand on traite par la chaleur le bleu ainsi produit, que je propose d'appeler bleu Runge, il subit une modification remarquable. Il se change rapidement en une matière colorante pourpre, qui est du vrai mauve. Le bleu Runge passe même si vite à l'état plus stable du mauve, que l'on peut facilement déterminer sa composition.

On vous a déjà entretenus, dans une réunion précédente, de la beauté des cristaux de la matière colorante Magenta et de sa base, la *rosalinine*, ainsi que de leurs propriétés et de leur fabrication. Par conséquent, je ne m'arrêterai pas à vous faire l'histoire chimique de ces composés importants. Je me contenterai de vous développer des principes suffisants pour vous éclairer sur la structure des matières colorantes artificielles. Je vous fais remarquer que, parmi les couleurs tirées du gou-

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 41 — 11 SEPTEMBRE 1869

Paris, 10 septembre 1869.

is les animaux voient-ils les rayons que nous appelons ieux dans le spectre ? En voient-ils que nous ne voyons S'il y a identité dans l'étendue de la perception du spec imineux pour eux et pour nous, y a-t-il aussi identité l'énergie relative des sensations visuelles dans les ré· diverses du spectre ? Telle est la question que M. P. Bert roposé de résoudre.

Daphnies puces, petits crustacés presque microscopi- si communs dans nos eaux douces, sont très-sensibles à nière, et, pendant la nuit, s'approchent vivement d'un eau qu'on leur présente. M. P. Bert a mis à profit cette ularité. Voici comment il a disposé ses expériences.

certain nombre de ces animaux sont placés dans un bscur, où la lumière ne peut pénétrer qu'à travers une étroite. Si l'on fait tomber sur cette fente une région onque du spectre fourni par la lumière électrique, on es petites Daphnies qui, jusque-là, nageaient indiffé- ent dans tous les points du liquide, se rassembler en dans la direction de la fente devenue pour nous lumi- . On les fait ainsi accourir, qu'on leur envoie les s rouges, les rayons violets ou la série intermédiaire. premier point établi, ces animaux perçoivent à l'état ieux tous les rayons que nous voyons nous-mêmes.

ind on amène sur la fente la région ultra-violette du e, si sa lueur est assez faible pour que nous n'éprou- pas (conditions ordinaires, prismes de flint-glass) de tion bien nette, les Daphnies paraissent y être tout à fait érentes. Mais la chose est bien plus saisissante à l'autre mité du spectre. Dans le rouge extrême, là où nous per- s très-bien la lumière, les Daphnies s'agitent et s'em- ent; mais à peine a-t-on, en faisant tourner le prisme, é sur la fente la région obscure moins réfrangible, imédiatement elles se détournent et se dispersent dans e tout entier; cette région si riche en rayons non visi- pour nous n'est donc pas aperçue par elles. Donc, second établi, ces animaux ne perçoivent à l'état lumineux des rayons que nous ne voyons pas nous-mêmes.

examinant l'action successive des régions diversement ées du spectre, il est facile de constater que les animaux ent d'autant plus vite que la région en expérience nous t plus brillante. Ainsi le jaune, le rouge, le vert, les ent beaucoup plus vite que le bleu et surtout le violet. le résultat est bien plus manifeste lorsque agissent tanément tous les rayons du spectre lumineux. Sur une à glaces parallèles, peuplée d'une grande quantité de Daphnies, on fait tomber le spectre, dont l'étendue visible occupe environ la moitié de la longueur de la cuve. Aussitôt tous les petits animaux se mettent en mouvement; l'immense majorité se groupe dans les rayons de la région moyenne, de l'orangé au vert; on en voit encore un certain nombre dans le rouge; il y en a beaucoup moins dans le bleu; ils deviennent de plus en plus rares à mesure qu'on s'avance vers l'extrémité la plus réfrangible, et l'on n'en voit presque pas au delà du rouge et dans l'ultra-violet.

Ainsi les rayons dont l'intensité lumineuse est pour eux la plus grande sont aussi ceux qui sont pour nous les plus éclairants : les rayons jaunes tiennent la tête. Donc, l'énergie relative des sensations visuelles dans les régions diverses du spectre est la même chez ces animaux et chez nous.

— M. Carbonnier a communiqué à l'Académie des sciences de curieux détails sur la reproduction de certains poissons de Chine qui paraissent appartenir au genre du groupe des Labyrinthiformes *macropodes*. Longs de 7 à 8 centimètres, ils sont remarquables par la richesse et la variété des nuances de leurs écailles, qui prennent à la fois ou successivement toutes les couleurs du spectre solaire.

Aux approches de la ponte, le mâle, étalant ses nageoires, fait la roue devant la femelle, qui ne semble pas indifférente à ce manége provoquant. Celui-ci commence alors les préparatifs de la ponte. Humant à la surface un globule d'air, il rejette une petite bulle qui monte et ne crève point, consolidée peut-être par un peu de mucus que sécrète la bouche du poisson. Continuant sans trêve cette manœuvre, il forme ainsi sur l'eau une sorte de plafond d'écume, épais quelques fois d'un centimètre. C'est là le réceptacle futur des œufs, l'appareil à incubation.

A un moment donné, le mâle se courbe en arc de cercle, et la femelle, qui se tient verticalement, la tête en haut, vient placer la partie inférieure de son corps dans l'anneau incomplet formé par le mâle. Celui-ci, étalant et contractant alors ses nageoires, la saisit, la renverse, et la pressant contre lui, fait pondre ses œufs, qui, au sortir, se trouvant tout à fait dans le voisinage des organes génitaux du mâle, en reçoivent les principes fécondants.

L'accouplement se fait au milieu du liquide, directement sous le toit d'écume. Les poissons enlacés descendent jusqu'à 15 ou 20 centimètres au-dessous de la surface de l'eau. Alors la ponte est faite, en partie du moins; les deux animaux se séparent et les œufs flottent çà et là. J'ai dit que la ponte était faite en partie, car l'accouplement, ayant lieu toujours de la même façon, se renouvelle plusieurs fois dans la même journée. Dès que les œufs ont été fécondés, le mâle chasse la femelle, qui, devenue craintive, diminuée de volume et déco-

pelée par des cérémonies mystiques : si elle revient, l'homme reprend ses sens; sinon, il est mort. Si l'homme a un accès de fièvre ou de folie, c'est un esprit qui plane au-dessus du malade, le secouant et le tourmentant, ou il s'est emparé de lui et le conduit, le malmène, parle et crie par sa voix.

Ces doctrines de l'animisme ont été depuis longtemps renversées par la science, qui voit dans les songes et les visions, non plus la visite objective d'un *esprit*, mais un phénomène subjectif de l'âme, et regarde le malheureux cataleptique bien plutôt comme un malade que comme un docteur. Cependant elles survivent encore dans le peuple, et se manifestent par moments d'une façon surprenante.

Une de ces *renaissances* est le grand mouvement spiritiste, dû sans doute à beaucoup d'écrivains, mais plus spécialement peut-être, bien que d'une façon indirecte, aux enseignements répétés d'un homme, Emmanuel Svedenborg. En comparant le spiritisme barbare et grossier avec le spiritisme moderne, il vaudra mieux sans doute citer des exemples que de multiplier les détails.

De même que le sorcier australien et tartare tombe en léthargie quand son âme part pour le pays des esprits, nos modernes somnambules sont dans un état d'insensibilité apparente quand ils vont voyager dans l'espace, prendre leurs informations et communiquer avec les absents. Le Groenlandais voit dans ses visions les âmes des morts, pâles et doux fantômes, qu'il s'efforce en vain de saisir, car ils n'ont ni chair, ni os, ni muscles. Le sorcier finlandais voit aussi les fantômes des morts, invisibles au reste des hommes. C'est ainsi que les modernes spiritistes croient voir les apparitions, en visions ou en songes, selon les cas. Svedenborg rapporte que pendant trente-sept ans il fut en communication avec les âmes de ses parents et de ses amis décédés, des rois et des sages du temps passé ; et il proteste que ce ne sont pas des rêves de son imagination, comme on pourrait croire, mais qu'il les a bien réellement vues et entendues, étant parfaitement éveillé. Quelques-uns de mes auditeurs ont peut-être visité la demeure d'un éminent romancier français, et ont pu voir le fauteuil où les esprits viennent s'asseoir et s'entretenir avec lui. Une chaîne ferme le fauteuil pour tenir à distance les profanes.

Quand l'âme est délivrée par la mort, c'est le moment qu'elle choisit pour aller visiter ceux à qui elle porte intérêt: aussi, chez les sauvages, l'apparition qui présage la mort est-elle regardée comme tenant le milieu entre l'esprit et le fantôme. Les Caraïbes donnent le nom de *Marangigoana* à l'esprit qui, par son apparition, annonce une mort prochaine ; à Madagascar, l'*Ambiroa*, ou apparition présage de mort, apparaît non-seulement aux autres personnes, mais au mourant lui-même. Nous retrouvons dans les Vies des saints la trace de semblables apparitions. Par exemple, quand saint Ambroise mourut, des enfants nouvellement baptisés virent apparaître le saint évêque, et le montrèrent à leurs parents, dont les yeux profanes ne purent rien apercevoir.

Il y a cinquante ans, Mac Culloch, dans sa *Description des îles de l'Occident*, déclara que la vieille superstition était mourante. « Elle cesse d'exister », dit-il, « parce qu'on cesse d'y croire ». Mais, s'il vivait maintenant, il ajouterait : « Elle renaît avec la croyance. » Les histoires d'apparition sont, en effet, communes dans ces pays. Les ouvrages spirites sont pleins de ces sortes de récits; il est inutile d'en rapporter des exemples.

Chez les peuples sauvages, il faut observer qu'il y a toujours des conjureurs de profession, qui vivent en communication spéciale avec les esprits et accomplissent, avec leur aide, des choses merveilleuses. Un missionnaire morave du siècle dernier nous a laissé un récit de la manière dont le sorcier groenlandais part, en compagnie des esprits, pour son voyage dans l'autre monde. Quand il s'est suffisamment agité, au son du tambour, en diverses contorsions, un de ses disciples l'attache, la tête entre les jambes, les mains derrière le dos. Les lumières sont éteintes, les fenêtres fermées, car nul ne doit le voir conférant avec les esprits; nul ne doit bouger ou remuer la tête, de peur de troubler l'esprit, ou, comme dit le vieux missionnaire, de peur de découvrir la supercherie du sorcier, car l'opération ne saurait réussir en plein jour. Enfin, après des bruits étranges et la visite de l'esprit, le magicien se montre de nouveau, délivré de ses chaînes, mais pâle et anéanti, et raconte ses aventures. De semblables tours sont pratiqués par les sorciers de l'Ojibway et par les prêtres de Sibérie. Le sorcier s'assied dans une boîte pieds et poings liés; on ferme les portes, et il invoque les esprits. Tout à coup un bruit formidable se fait entendre, entremêlé de cris, de bruit de tambour et de crécelle; on croit entendre grogner des ours, siffler des serpents, sauter des écureuils. Puis le bruit cesse, et le sorcier sort de sa boîte, délivré de ses liens. L'assemblée ne doute pas que ce ne soient les esprits qui aient fait ce tapage dans l'intérieur de la boîte et délivré ainsi le sorcier. Cette supercherie est parvenue jusqu'en Angleterre, et il est inutile de signaler la similitude des opérations des frères Davenport.

Le spiritisme fleurit aussi dans l'Asie centrale, où les *lamas* sont depuis longtemps versés dans l'art, devenu aujourd'hui familier, de faire tourner les tables.

Pour ne citer qu'un exemple, John Bell (d'Antermony) décrivit, il y a cent cinquante ans, les procédés par lui employés pour découvrir un voleur qui avait dérobé une pièce de damas. Le lama se procura une table à quatre pieds et la porta — ou plutôt, selon la croyance vulgaire, la table le conduisit — dans la tente du voleur qui, sommé de rendre l'étoffe dérobée, s'exécuta, car, en pareil cas, toute résistance est inutile.

Une des manifestations spirites le plus en vogue dans nos temps modernes, est le fait de s'élever dans les airs. Son origine se perd dans la nuit des temps et son histoire ethnologique est des plus curieuses. C'est une pratique familière au bouddhisme, où tout saint parvenu à un état de perfection (*riddhi*) acquiert la faculté de s'élever dans les airs, aussi bien que de bouleverser la terre et d'arrêter le soleil. Le miracle, dans l'Occident, semble remonter à l'antiquité classique. Des sorciers grecs le pratiquaient dans le premier siècle. Il passa à l'état de prodige ordinaire dans le christianisme. La vie des saints en est remplie. Saint Dominique, saint Dunstan, saint Philippe de Néri, saint Ignace de Loyola, passent non-seulement pour s'être élevés dans les airs, mais pour y être demeurés en vie pendant un long temps. C'est ainsi que saint Richard, chancelier de saint Edmond, archevêque de Cantorbéry, ouvrit un jour doucement la porte de la chapelle pour prier le prélat de venir dîner, et l'aperçut s'élevant en l'air les genoux pliés, les bras étendus. A la vue de l'importun, le prélat se laissa doucement tomber à terre, et se plaignit d'être ainsi troublé dans l'extase d'un délicieux plaisir. Le manteau de l'archevêque, ou quelqu'une de ses

reliques a sans doute été de nos jours transmise à madame Home.

Comment les esprits communiquent-ils avec les vivants? D'abord ils leur apparaissent en songes et en visions et conversent avec eux, et à ce sujet les spirites modernes sont d'accord avec leurs devanciers. Mais les médiums modernes peuvent introduire, dans leur commerce avec les esprits, des éléments inconnus à leurs prédécesseurs : l'alphabet et l'écriture. La notion d'esprits frappeurs est si commune parmi les sauvages, que pour l'Indien de l'Amérique du Nord, tout bruit étrange et mystérieux dont il ne peut se rendre compte est le fait d'un esprit frappeur. Mais ils n'en font pas, comme nous, une classe spéciale d'esprits. C'est « l'esprit frappeur » (*the knocker*) que l'habitant du pays de Galles croit entendre sous terre ; c'est le « lutin » (*Poltergeist*) qui rôde autour des maisons de paysans en Allemagne ; c'est le « vampire » qui remue les meubles dans l'île de Crète. Suivant le docteur Bastien, c'est au moyen âge que les esprits ont commencé à répondre aux questions qu'on leur faisait, en frappant un certain nombre de petits coups. En Amérique, il existe un alphabet à leur usage : ils frappent un coup pour A, deux pour B, et ainsi de suite. Les esprits scientifiques, et particulièrement celui de Franklin, ont mis au service des communications spirites les forces vitales électro-magnétiques. Ai-je besoin de dire que leurs communications sont au niveau de l'intelligence des médiums qui les interrogent, qu'elles sont le plus souvent si ineptes, que les spirites intelligents sont obligés de les interpréter, et que *spiritisme* deviendra quelque jour synonyme de *sottise*.

La correspondance spirite, inconnue, comme de juste, aux sauvages illettrés, a cependant aussi une curieuse ethnographie. Elle est fort pratiquée en Chine. Quand un Chinois désire consulter le dieu de cette manière, il place devant sa statue une table avec des flambeaux et de l'encens, une offrande de thé et de menue monnaie et un bassin rempli de sable. Un instrument de bois en forme de V est garni d'une pointe fine à son extrémité ; deux hommes tiennent cet instrument chacun par un des manches, la pointe restant appuyée contre terre. On invoque alors le dieu, dont l'esprit descend et guide la plume qui court sur le sable, écrivant l'oracle demandé. Le docteur Bastien, à qui nous devons de si précieux renseignements concernant l'ethnographie du spiritisme, ajoute que si l'on a arraché pour cet usage une tige d'abricotier, on suspend à l'arbre un ex-voto apologétique. Cette pratique est également usitée en Europe, et l'on vend à Londres, actuellement, un instrument appelé « planchette », sorte de petit trépied garni d'un crayon, que deux personnes tiennent, attendant que l'esprit vienne guider leurs mains et leur dicter le mystérieux message. Il paraît cependant que les esprits peuvent se dispenser de ces instruments matériels. Pendant le concile de Nicée, deux évêques, Chrysanthus et Mysonius, vinrent à mourir. On porta les actes du concile sur leur tombe, et le lendemain on trouva au bas de ces actes leur signature, avec ces mots : « Bien qu'ensevelis sous la terre, nous avons signé ces actes de nos propres mains. »

Ce procédé a été renouvelé de nos jours. Le baron de Guldenstubbé a publié un ouvrage intitulé *Pneumatologie positive et expérimentale*, dans lequel il dit que les âmes des morts voltigent autour de leurs tombeaux, et reviennent visiter les lieux qu'ils habitaient pendant leur séjour sur la terre. Louis XVI et Marie-Antoinette errent auprès de Trianon ; François I[er] se montre à Fontainebleau. Bien plus, si vous placez à des endroits convenables des feuilles de papier blanc, leur volonté produira une sorte de courant magnétique qui tracera des caractères sur le papier. Le baron a joint à son livre des fac-simile d'écritures ainsi obtenues : d'Auguste et de Jules César, auprès de leurs statues au Louvre ; d'Abélard et d'Héloïse, près de leur tombeau au Père-Lachaise. Ils témoignent qu'ils sont maintenant réunis et heureux.

Nous n'examinerons pas ici ce qu'il peut y avoir de vrai ou de faux dans les doctrines spiritistes ; il nous suffit de savoir que les phénomènes spirites, acceptés comme vrais par les sauvages et les barbares, sont aujourd'hui généralement rejetés par la science moderne. Mais ce qui reste acquis, c'est que le spiritisme moderne n'est, comme nous le disions en commençant, qu'une réminiscence et une survivance de vieilles pratiques et d'antiques préjugés que la civilisation moderne s'efforce de faire disparaître.

Cherchons maintenant ailleurs des traces de semblables survivances. Nous en trouvons des exemples dans certains jeux. C'est ainsi que l'arc et les flèches, instruments de chasse et de guerre pour les premiers hommes, sont devenus le jouet de nos enfants. Les jeux de hasard sont encore des restes de vieux préjugés. Nous savons que quand nous jetons en l'air des dés ou une pièce de monnaie, il ne se produit d'autre phénomène que celui de l'attraction, comme lorsque nous lançons en l'air une pierre qui retombe sur le sol. Nous savons que faire appel au sort des dés, c'est faire appel à notre propre ignorance ; non que le procédé de jeter les dés soit en lui-même un mystère pour nous, mais parce que nous ne pouvons suivre le mouvement des dés de manière à en prévoir le résultat. Mais il n'en est pas ainsi pour l'homme non civilisé. Le sauvage habitant des îles de la mer du Sud, le Nègre grossier des côtes d'Afrique, voient dans le sort des dés un présage divinatoire. Les Grecs eux-mêmes attachaient sans doute aux arrêts du sort un caractère divin, lorsqu'ils levaient leurs mains vers le ciel et invoquaient les dieux pendant que leurs chefs tiraient dans le casque d'Agamemnon le nom de celui qui devait aller combattre Hector. Cette manière de voir semble avoir persisté pendant tout le moyen âge, et au XVII[e] siècle le puritain Thomas Gataker n'hésita pas à faire un livre pour attaquer l'opinion qui attachait un caractère surnaturel aux résultats des jeux de hasard.

La croyance au caractère surnaturel des sorts tend à disparaître, mais n'est pas complétement disparue de l'Europe, où bon nombre de personnes consultent encore les tireuses de cartes, ou cherchent l'avenir dans les pages d'un livre ouvert au hasard. D'autres invoquent la Vierge et les saints, et brûlent des cierges pour avoir un bon numéro à la loterie. Les Chinois sont aussi fort enclins à ce genre de superstition. Leurs marchés sont pleins de diseurs de bonne aventure. Toutefois la superstition du Chinois est mélangée d'un certain scepticisme. Si l'homme qu'il consulte ne lui donne pas une réponse favorable, il en va trouver un autre, et recommence ainsi jusqu'à ce qu'il ait obtenu une réponse conforme à sa volonté.

Reste à examiner la question de savoir si les jeux de hasard en général sont un reste de formes anciennes de divination. Il est difficile d'établir un rapport bien direct pour la plupart d'entre eux ; cependant il y a deux cas où nous apercevons clairement la filiation. Dans une des îles de la mer du Sud, il y a une pratique divinatoire qui consiste à suspendre

l, au milieu d'un cercle de personnes, une noix de coco [uelle on a sculpté une figure. On fait tourner le fil, et e est censé concerner la personne vers laquelle s'est ar- a figure sculptée sur la noix de coco. Cette pratique toire n'est plus usitée aujourd'hui dans cette île que e un jeu. Les Grecs avaient également une pratique di- ire nommée le *kottabos* (κότταβος), qui consistait à jeter d'une coupe dans un bassin de métal à côté. L'amant, int le vin, prononçait tout haut ou mentalement le nom naîtresse; il ne devait pas répandre une goutte de la r, et à la façon dont elle tombait dans le bassin, il au- bien ou mal de son amour. Plus tard on cessa d'atta- cette pratique aucune signification divinatoire, et elle un simple jeu. Pouvons-nous tirer de ces deux faits iliers une conclusion générale, et dire que la plupart jeux modernes sont des restes d'anciennes pratiques toires? Cette hypothèse ne nous paraît pas inadmissible. ni les pratiques superstitieuses qui nous viennent de uité, il faut compter l'usage de suspendre des tableaux *ex-voto* dans les temples ou après les arbres. C'est un incipes d'un animisme grossier, que les maladies sont s par des esprits qui ont pris possession du malade et rmentent. Un autre principe de la même doctrine, c'est s esprits peuvent se loger pour un temps dans un objet iel; c'est la théorie des *fétiches*. C'est ainsi qu'on peut er le démon, ou esprit malin, de quitter le malade et ser dans un objet qu'on a préparé pour lui. Chez les sibériennes, par exemple, dont nous avons parlé à pro- s tables tournantes, quand un homme est possédé du , c'est-à-dire malade, c'est l'affaire du prêtre de chas- son corps le malin esprit et de le rendre à la santé. On ainsi chasser le *malin* dans un vieux vêtement, dans une e de cheveux, dans un objet suspendu à un arbre. C'est qu'en Afrique on voit, suspendues aux arbres, de petites es de bois dans lesquelles on a chassé le démon. On ait, je pense, voir, de nos jours, des ex-voto semblables ortir des frontières de la Grande-Bretagne, et quelques- e mes auditeurs se rappellent peut-être avoir vu, dans nfance, leurs nourrices les débarrasser de leurs légères ositions en les faisant passer dans un clou, dans un de rubans ou quelque autre objet semblable.

llons pas croire cependant que les principes et les rites eligions anciennes ne soient plus représentés chez nous ar quelques superstitions insignifiantes; ce serait un de vue étroit et exclusif. On peut encore reconnaître la dans nos usages et nos rites religieux, de coutumes an- es d'une religion plus grossière, qui, plus ou moins trans- es, se sont conservées jusque dans la nôtre. Ce sujet de- erait, pour être traité dans son entier, des développe- s que ne comporte pas le genre d'examen auquel je vre en ce moment. Choisissons cependant un ou deux ples.

cérémonies religieuses, comme en général toutes les nonies, sont la représentation dramatique d'une idée. ainsi que dans presque toutes les religions, à une céré- e de purification corporelle, se rattache l'idée de la pu- morale. Les mots de pureté et de purification ont été rnés de leur sens propre, et appliqués métaphorique- à l'âme. Mais pour le sauvage ou l'homme d'une civili- n primitive, ces idées avaient besoin d'être représentées les faits. De là ces cérémonies de purification par l'eau ou par le feu, qui ne s'alliaient pas toujours avec les pratiques de la plus vulgaire propreté.

Les Tartares de Gengiskhan, qui ne se déshabillaient presque jamais, se considéraient comme suffisamment purifiés quand ils avaient passé à travers la flamme. Le Persan moderne se lavera les yeux s'ils ont été souillés par la vue d'un infidèle, et à côté de cela il négligera les règles sanitaires les plus élémentaires, se contentant, pour sa purification mystique, de tremper ses doigts dans un petit bassin où mille autres ont puisé avant lui.

La même pensée semble avoir présidé à toutes ces cérémonies de purification; mais elles sont bien différentes dans leurs détails, et semblent avoir pris naissance indépendamment les unes des autres. Les ablutions ont toujours été en usage chez les peuples orientaux.

Les Romains, après avoir assisté à des funérailles, se purifiaient par l'eau et par le feu, et les mêmes cérémonies avaient lieu aux fêtes nommées *Palilies* pour la purification des troupeaux (1). Chez les tribus aborigènes de l'Inde et du sud-est de l'Asie, quand un enfant est né, sa mère lui fait subir une cérémonie lustrale, et c'est alors que l'enfant reçoit un nom.

Dans la Nouvelle-Zélande, l'enfant est plongé dans l'eau ou arrosé d'eau par le prêtre, qui récite en même temps la liste des noms des ancêtres de l'enfant. S'il vient à crier ou à éternuer, on lui donne le nom que le prêtre prononçait alors et qu'il est censé avoir choisi. Cette cérémonie a en outre pour but de purifier l'enfant d'une sorte de péché originel. Les Lapons pratiquent une cérémonie semblable. Les Malais et les Aztèques de Mexico purifient leurs enfants tout à la fois par l'eau et par le feu.

Cette purification avait encore pour but de chasser les démons, comme nous le voyons dans le *Zend-Avesta*, où le prêtre, en répandant l'eau sacrée sur le malade, poursuit le démon de membre en membre, jusqu'à ce qu'il s'échappe par les talons. Il est inutile de signaler le rapprochement avec les cérémonies lustrales des Juifs et leur baptême de prosélytes.

Nous retrouvons la trace de ces cérémonies dans le christianisme, dans l'aspersion avec l'eau bénite, et plus spécialement encore dans la cérémonie du baptême.

Citons un dernier exemple de survivance en matière de religion. Nous n'avons qu'à réfléchir à ce qu'offre d'imposant le spectacle du lever et du coucher du soleil pour comprendre l'impression que la vue de ces phénomènes a dû faire sur l'esprit des premiers hommes. Aussi considéraient-ils l'orient comme la source de la lumière, de la chaleur, de la vie, du bonheur et de la gloire; l'occident comme le séjour des ténèbres, du froid, du dépérissement et de la mort. Aussi voyons-nous presque partout l'usage de prononcer les prières en se tournant vers l'orient, et de bâtir les temples la façade tournée vers l'est. Nous trouvons dans Vitruve des règles à ce sujet, et elles sont encore suivies par nos architectes modernes, sans que, la plupart du temps, ils puissent rendre compte de l'origine de cet usage. Quelques-uns prétendent que c'est pour que la façade de l'église soit tournée vers Jérusalem; mais

(1) Voyez, à ce sujet, les auteurs latins qui ont traité *de re rustica*, et les commentaires sur ce vers de Virgile (*Georg.*, I, 272) :

Balantumque gregem fluvio mersare salubri.

cette opinion ne peut être acceptée, si l'on réfléchit que les églises d'Asie ont leur façade tournée vers l'orient absolument comme les églises d'Europe. C'est qu'on ne peut comprendre le sens et la portée de certaines coutumes, si l'on n'a pas étudié l'histoire de leurs origines, et, comme le dit Auguste Comte au commencement de son *Traité de philosophie positive*, « aucune conception, quelle qu'elle soit, ne peut être comprise qu'à l'aide de son histoire. » Plus on étudie l'histoire de la civilisation, plus on s'aperçoit qu'elle n'a pas été produite de toutes pièces, mais qu'elle est le produit des conquêtes des âges successifs et le résultat des leçons du temps et de l'expérience.

La méthode d'expliquer les progrès des sciences, des arts, des religions, des coutumes, sans remonter à leurs sources, est non-seulement défectueuse, mais fausse. On l'accorde dans une certaine mesure. Que nos ancêtres, que les ancêtres des Francs et des Germains, ceux même des Grecs et des Romains, aient été originairement des tribus barbares, cela est devenu un lieu commun, et l'on ne met plus en doute qu'il faille être au fait de leur état de barbarie primitive pour bien comprendre l'état de civilisation où ils sont parvenus. Mais nous devons aller plus loin. Si, comme il semble, le sauvage est, relativement au barbare, dans la situation où ce dernier est relativement à l'homme civilisé, le philosophe doit étudier non-seulement l'histoire de la vie barbare, mais aussi celle de la vie sauvage, de manière à pouvoir remonter aussi loin que possible dans l'histoire de la civilisation, connaître les usages qui ont disparu et ceux qui ont survécu, parfois avec des modifications qui les rendent méconnaissables. Du moment qu'on se livre à cette étude, son importance devient évidente. Pour ne nommer que les Anglais, personne ne peut lire les récents travaux de M. Lennan sur les lois primitives, ceux de sir John Lubbock sur la comparaison des temps historiques et préhistoriques, ceux enfin du colonel Lane Fox sur le développement des armes de guerre, sans être frappé de cette vérité.

Les usages et coutumes des sauvages sont plus intelligibles pour nous que ceux d'un peuple parvenu à un plus haut degré de civilisation. Cependant l'étude de leurs mœurs est toute moderne. L'antiquité classique les a complétement négligés, quoiqu'ils entourassent de tous côtés ses frontières. Pour nous, je crois que nous avons beaucoup à apprendre avec ces modernes représentants de l'homme préhistorique. Il est temps de se livrer à ces recherches, car l'homme sauvage tend de plus en plus à disparaître de la surface du globe sous la marche incessante de la civilisation. Hâtons-nous donc de demander à la vie sauvage les éclaircissements qu'elle peut nous donner sur les origines de la civilisation parmi les hommes, car, avec toute notre science, nous pouvons avoir encore à apprendre de ce côté-là.

EDWARD BRUNET TYLOR

— Traduit de l'anglais par H. LE FOYER. —

COLLÉGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol des oiseaux (suite)

III

FRÉQUENCE ET RHYTHME DES MOUVEMENTS DE L'AILE DE L'OISEAU. — MÉTHODE ÉLECTRIQUE POUR MESURER LE NOMBRE ET LA DURÉE DES TEMPS D'ÉLÉVATION ET D'ABAISSEMENT DE L'AILE. — MÉTHODE MYOGRAPHIQUE APPLIQUÉE AUX MUSCLES PECTORAUX PENDANT LE VOL. — APPRÉCIATION, D'APRÈS LA FORME DES TRACÉS MYOGRAPHIQUES, DES RÉSISTANCES QUE L'AILE RENCONTRE A CHACUN DE SES MOUVEMENTS.

La méthode graphique dont l'emploi était si facile pour la détermination de la fréquence des battements de l'aile de l'insecte ne peut plus s'employer sur l'oiseau dans les mêmes conditions. Il fallait établir entre l'oiseau qui vole et l'appareil enregistreur une transmission de signaux.

Méthode électrique.

La télégraphie électrique m'a servi d'abord; elle fournissait le moyen de résoudre les questions suivantes :

Quelle est la fréquence des battements de l'aile d'un oiseau? Quelle est la durée relative des temps d'élévation et d'abaissement de l'aile?

L'expérience consiste à placer à l'extrémité de l'aile un appareil qui, à chacun des mouvements alternatifs qu'il reçoit, rompe ou ferme un circuit électrique. Sur le trajet de ce circuit est placé un appareil électro-magnétique qui écrit sur un cylindre tournant. La figure 96 montre ce mode de télégraphie appliqué à l'étude du vol d'un pigeon, concurremment avec un autre moyen de transmission de signaux. Dans cette figure, les deux fils électriques sont séparés l'un de l'autre.

La pointe écrivante tracera une ligne crénelée dont chacun des changements de niveau correspondra à un changement dans la direction du mouvement de l'aile. Pour que l'oiseau vole le plus librement possible, un câble fin et souple, contenant deux fils conducteurs, établit la communication entre l'oiseau et le télégraphe écrivant. Les deux bouts des fils sont adaptés à un petit appareil très-léger qui exécute par l'effet de la résistance de l'air une sorte de mouvement de soupape. Quand l'aile s'élève, la soupape s'ouvre, le courant est rompu, et la ligne du tracé télégraphique s'élève. Quand l'aile descend, la soupape se ferme, le courant se ferme aussi, et le tracé télégraphique s'abaisse.

Appliqué à différentes espèces d'oiseaux, cet appareil permet de constater la fréquence propre aux mouvements de chacun d'eux. Le nombre d'espèces que j'ai pu étudier est encore assez restreint ; voici les chiffres que j'ai obtenus :

	Révolutions de l'aile par seconde.
Moineau	13
Canard sauvage	9
Pigeon	8
Busard	5 3/4
Chouette effraie	5
Buse	3

(1) Voyez ci-dessus, pages 61, 171, 252, 578 et 601, 26 décembre 1868, 13 février, 20 mars, 14 et 21 août 1869.

La fréquence des battements varie du reste suivant que l'oiseau est au départ, en plein vol, ou à la fin de son vol. Quelques oiseaux présentent, comme on sait, des temps d'arrêt complet de leurs ailes et planent en utilisant leur vitesse acquise.

La durée relative des deux temps de chaque révolution de l'aile est plus curieuse à étudier.

Contrairement à l'opinion émise par certains observateurs, la durée de l'abaissement de l'aile est plus longue, en général, que celle de l'élévation. L'inégalité de ces deux temps se prononce surtout chez les oiseaux dont les ailes sont à grande surface et les battements peu fréquents. Ainsi, tandis que ces durées sont presque égales chez le canard, dont les ailes sont très-étroites, elles sont inégales chez le pigeon et bien plus encore chez la buse. Voici les chiffres réels :

	Durée totale d'une révolution de l'aile.	Ascension.	Descente.
Canard. .	6 2/3 centièmes de seconde.	3	3 2/3
Pigeon . .	7 1/2	3	4 1/2
Buse. . . .	21 1/2	8 1/2	13

Il est plus difficile qu'on ne pourrait le prévoir de déterminer l'instant précis où change la direction de la ligne tracée par le télégraphe. Les attractions et les relâchements du fer doux ont une durée appréciable si le cylindre noirci tourne avec la rapidité nécessaire pour la mesure des mouvements rapides qu'il s'agit d'analyser. Les inflexions de la ligne tracée par le télégraphe deviennent alors des courbes dont il est assez difficile de déterminer l'origine précise. Il y a donc une limite à la précision des mesures qu'on peut faire avec la méthode électrique ; je crois qu'on ne peut estimer ainsi la durée d'un mouvement avec une approximation de moins de 1/200ᵉ de seconde.

Une autre espèce de signaux permet d'estimer la fréquence des battements de l'aile, en même temps qu'elle fournit l'indication de l'action successive des principaux muscles moteurs de l'aile.

Méthode myographique.

J'ai indiqué en 1867 (1) une méthode de myographie applicable sans mutilation de l'animal sur lequel on expérimente. Elle consiste dans l'emploi du gonflement d'un muscle pour apprécier ses changements de longueur, c'est-à-dire sa contraction ou son relâchement. Tout muscle, en effet, étant sensiblement incompressible, ne peut changer de longueur sans que son diamètre transversal subisse des modifications de sens inverse. Un raccourcissement rapide ou lent, faible ou énergique du muscle, s'accompagnera donc d'un gonflement qui affectera les mêmes caractères de vitesse ou d'intensité. A chaque abaissement de l'aile d'un oiseau, le grand pectoral subira donc un gonflement qu'il s'agit de transmettre à l'appareil enregistreur.

Je me sers, à cet effet, de la transmission par des tubes à air, moyen qui m'avait permis autrefois de transmettre à un enregistreur placé à distance les battements du cœur, le pouls des artères, les mouvements de la respiration, etc. (2).

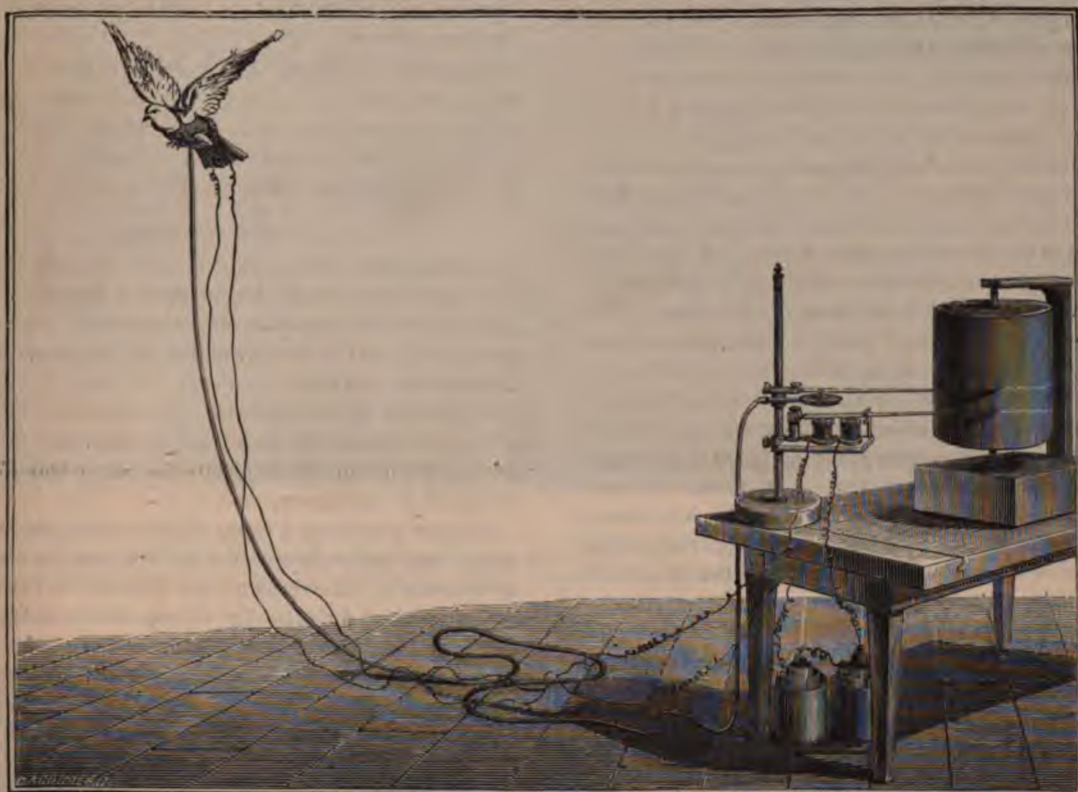


FIG. 96. — Appareil à doubles signaux pour enregistrer les mouvements de l'aile d'un pigeon. D'une part, un tube transmet l'action musculaire ; d'autre part, un signal électrique note, avec leurs durées relatives, les périodes d'élévation et d'abaissement de l'aile.

(1) Voyez *Du mouvement dans les fonctions de la vie*. In-8, Paris, Germer Baillière.

(2) Voyez, pour les détails de la construction de ces appareils, *Du mouvement dans les fonctions de la vie*.

tions *a* et *b* dans tous les tracés musculaires des oiseaux. effet, au niveau de la région explorée et près de l'arête du num, il existe deux plans musculaires distincts : le plus rficiel est formé par le grand pectoral, ou abaisseur de e; le plus profond par le pectoral moyen, ou élévateur de e, dont le tendon passe derrière la fourchette du sternum r s'attacher à la tête de l'humérus. Les deux muscles rposés agiront par leur gonflement sur l'appareil qui est liqué sur eux ; l'élévateur de l'aile, se gonflant lorsqu'il contracte, signale son action par l'ondulation *a*; le nd pectoral signale l'abaissement de l'aile par l'ondula- *b*.

n peut vérifier encore l'exactitude de cette explication au yen d'une expérience très-simple. L'anatomie nous mon- que le muscle élévateur de l'aile est étroit et ne double aisseur que dans sa partie la plus interne, située le long de rête du sternum. De sorte que si l'on déplace le petit ap- eil qui explore le mouvement de ces muscles, et si on le le plus en dehors, il occupera une région où l'abaisseur ¹ de l'élévateur, et le tracé ne pré-sentera plus qu'une ondulation simple, celle qui correspond à *b* dans les figures.

Il est donc bien démontré que les ondulations *a* et *b*, dans les tracés musculaires des oiseaux sur lesquels j'ai expérimenté, correspondent exactement à l'action des principaux muscles élévateurs et abaisseurs de l'aile ; mais on ne saurait attacher une grande importance à la forme de ces tracés pour en déduire la nature précise du mouvement exécuté par le muscle. Ces mouvements semblent, en effet, chevaucher l'un sur l'autre. De sorte que le relâchement de l'élévateur n'est probablement pas complet lorsque l'abaisseur commence à agir.

Ne demandons d'abord à ces tracés que ce qu'ils fournissent le plus naturellement, à savoir : le nombre des révolutions de l'aile, le plus ou moins de régularité de ces mouvements, l'égalité ou l'inégalité et l'énergie de chacun d'eux.

Or, en restreignant la question dans ces limites, l'expérience montre que les battements de l'aile de l'oiseau diffèrent d'amplitude et de fréquence dans les différents instants du vol.

Au départ, les battements sont plus rares, mais plus éner-

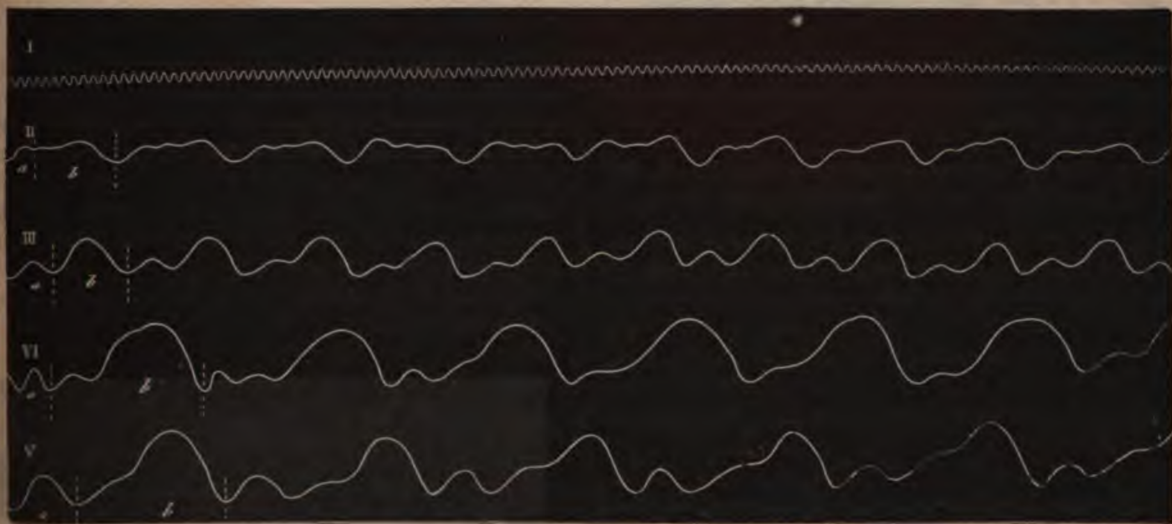


FIG. 98. — Tracés myographiques des pectoraux obtenus sur différentes espèces d'oiseaux pendant le vol. — Ligne I, diapason chronographe destiné à mesurer la durée absolue de chaque mouvement musculaire ; ce diapason vibre 200 fois par seconde. — Ligne II, tracé des muscles du pigeon : ce tracé a été recueilli dans les conditions représentées figure 96. — Ligne III, tracé du canard sauvage. — Ligne IV, tracé du busard. — Ligne V, tracé de la buse.

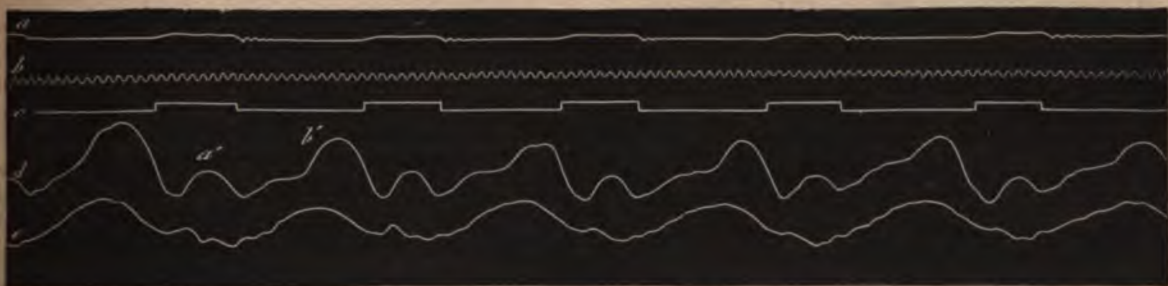
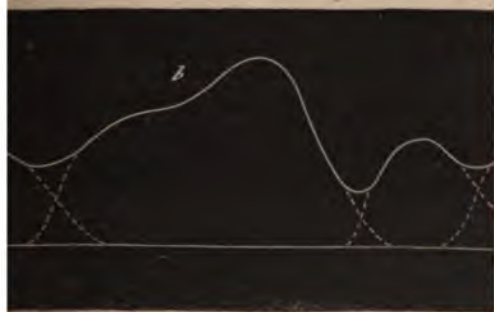


FIG. 99. — Ligne supérieure *a*, tracé électrique des élévations et abaissements de l'aile de la buse : ce tracé est tel que l'appareil le fournit. — Ligne *b*, tracé d'un diapason de 200 vibrations par seconde. — Ligne *c*, correction du tracé électrique, dont les signaux ne présentent pas des débuts assez nets dans la figure obtenue directement. — Ligne *d*, tracés musculaires de la buse : *a'*, action de l'élévateur de l'aile ; *b'*, action de l'abaisseur. — La ligne *e* ne doit pas ici préoccuper le lecteur, elle montre le tracé des oscillations de l'oiseau dans la verticale pendant le vol.

nuscle présentait les mêmes phases que son chan-
ongueur. En effet, j'ai transmis au myographe
nt produit par le gonflement musculaire, et j'ai
racés identiques avec les précédents.
lant savoir si l'appareil dont je me sers pour ex-
uscles de l'oiseau transmet bien fidèlement les
hases du gonflement d'un muscle, j'ai fait l'expé-
nte.
mes muscles biceps, j'appliquai le petit tambour
qui a servi à recueillir sur l'oiseau les mouve-
on a vu les tracés figure 98. Je fixai exactement
sur mon muscle au moyen d'une bande roulée,
n communication avec l'appareil enregistreur.
ors des mouvements volontaires, très-brusques
blables entre eux que je pouvais le faire ; mais
ces mouvements des résistances variées. Dans un
n poids que j'avais à soulever; dans un autre,
ncontrait le dessous d'une lourde table et s'arrê-
et obstacle absolu ; dans l'autre enfin, après une
n de mon avant-bras, ma main se trouvait re-
n lien de caoutchouc, et elle ne pouvait s'élever
effort plus énergique du biceps.
cés qui exprimaient le gonflement de mon biceps
s expériences reproduisaient les trois types re-
ure 101, et montraient bien que les mouvements
ux-mêmes sont soumis à l'influence des résis-
férente nature qu'ils ont à surmonter.
le commander à mes muscles des mouvements
ns tous les cas. Ainsi, c'était toujours une flexion
de courte durée que je voulais reproduire, mais
la résistance modifiait ces actes musculaires qui
ement étaient semblables entre eux, et leur im-
ariétés de phases et de durées que je viens de

revenons au tracé musculaire du grand pectoral
'ai dit que l'origine réelle de ce mouvement est
; l'élévateur de l'aile n'a pas repris entièrement
epos lorsque l'abaisseur commence à agir, et si
eprésenter la courbe probable de l'action de ces
, d'après ce que la myographie nous a appris, il
léter le tracé au moyen de lignes ponctuées,
la figure 102.



é des muscles d'une buse pendant le vol : a, action du muscle
tion de l'abaisseur. Les lignes ponctuées qui descendent jusqu'à
sses complètent la forme probable des mouvements des deux
e.

ection une fois faite, la forme des courbes de
abaisseur révèle la nature des résistances
uscles a rencontrées.

La courbe a de l'élévateur de l'aile est celle que produit un muscle qui agit sur un poids; elle semble indiquer que l'inertie de l'aile est le seul obstacle que doive surmonter le muscle élévateur. La courbe b nous montre une inflexion à partir de laquelle le raccourcissement du muscle prend un mouvement plus lent. C'est donc là qu'interviendrait la résistance de l'air; les choses se passeraient donc de tout point comme dans les expériences que j'ai faites sur les muscles de grenouille et sur mes propres muscles.

Mais, dira-t-on, pourquoi cette inflexion de la courbe ne se produit-elle que si tard ? Le muscle abaisseur de l'aile peut donc se raccourcir pendant un certain temps, et d'une manière rapide, avant de rencontrer cette résistance de l'air qui ralentit son mouvement ?

C'est justement ce qui arrive; on en peut avoir la preuve dans la disposition anatomique des attaches du muscle grand pectoral. On verra dans le chapitre suivant comment se produit le mouvement de l'humérus autour de son articulation ; disons seulement que dans le premier temps de son action, le grand pectoral, en se raccourcissant, produit un pivotement de l'aile autour de la tête humérale, et que, dans ce premier mouvement, le muscle n'éprouve pas la résistance de l'air qui viendra un instant plus tard ralentir son raccourcissement.

Le lecteur trouvera peut-être que voilà bien des déductions tirées à propos de la forme des courbes musculaires. Mais ceux qui voudront bien se familiariser avec l'emploi des appareils enregistreurs du mouvement, et en particulier avec le myographe, se convaincront bientôt que, dans la forme des courbes, rien n'est livré au hasard, mais que les détails doivent trouver leur explication dans les conditions dynamiques de la production du travail musculaire.

IV

DES MOUVEMENTS QUE L'AILE DE L'OISEAU EXÉCUTE PENDANT LE VOL.

On a vu, à propos du mécanisme du vol chez l'insecte, que l'expérience fondamentale a été celle qui a révélé le parcours de la pointe de l'aile à chacune de ses révolutions. La connaissance du mécanisme du vol découlait, pour ainsi dire, naturellement de cette première notion.

Pour le vol de l'oiseau, la même détermination est également indispensable ; mais la méthode optique devient ici inapplicable. En effet, le mouvement d'une aile d'oiseau, bien que trop rapide pour être saisissable à l'œil, ne l'est pas assez pour fournir une impression rétinienne persistante de son parcours entier.

La méthode graphique, telle que je l'ai employée jusqu'ici, ne fournit que l'expression des mouvements qui se passent suivant une ligne droite, et ce n'est qu'en combinant ce mouvement rectiligne avec la translation uniforme d'une surface enfumée, qu'on obtient l'expression de la vitesse avec laquelle le mouvement s'effectue à chaque instant.

Le problème qui se pose est celui-ci : Touver le moyen d'enregistrer sur un plan immobile tous les mouvements que fait dans l'espace la pointe de l'aile de l'oiseau ; comme si à l'extrémité de l'aile on avait placé un pinceau, et que ce pinceau frottât sur une feuille de papier placée à sa portée. Encore faudrait-il, pour avoir une figure de même nature que la figure lumineuse de l'aile dorée d'un insecte, que la feuille de pa-

pier fût immobile par rapport au centre de mouvement de l'aile de l'oiseau qui vole; autrement dit, qu'elle suivît, dans toutes ses phases, la translation de l'oiseau dans l'espace.

Or, la physique nous apprend que tout mouvement susceptible d'être enregistré sur un plan peut être engendré par la combinaison rectangulaire de deux mouvements rectilignes. Les tracés que Kœnig a obtenus en armant d'un style les verges vibrantes de Wheatstone, les figures lumineuses des accords musicaux que M. Lissajous produit par la réflexion d'un faisceau lumineux sur deux miroirs vibrants perpendiculairement l'un à l'autre, sont des exemples bien connus de la formation d'une figure plane au moyen de deux mouvements rectilignes.

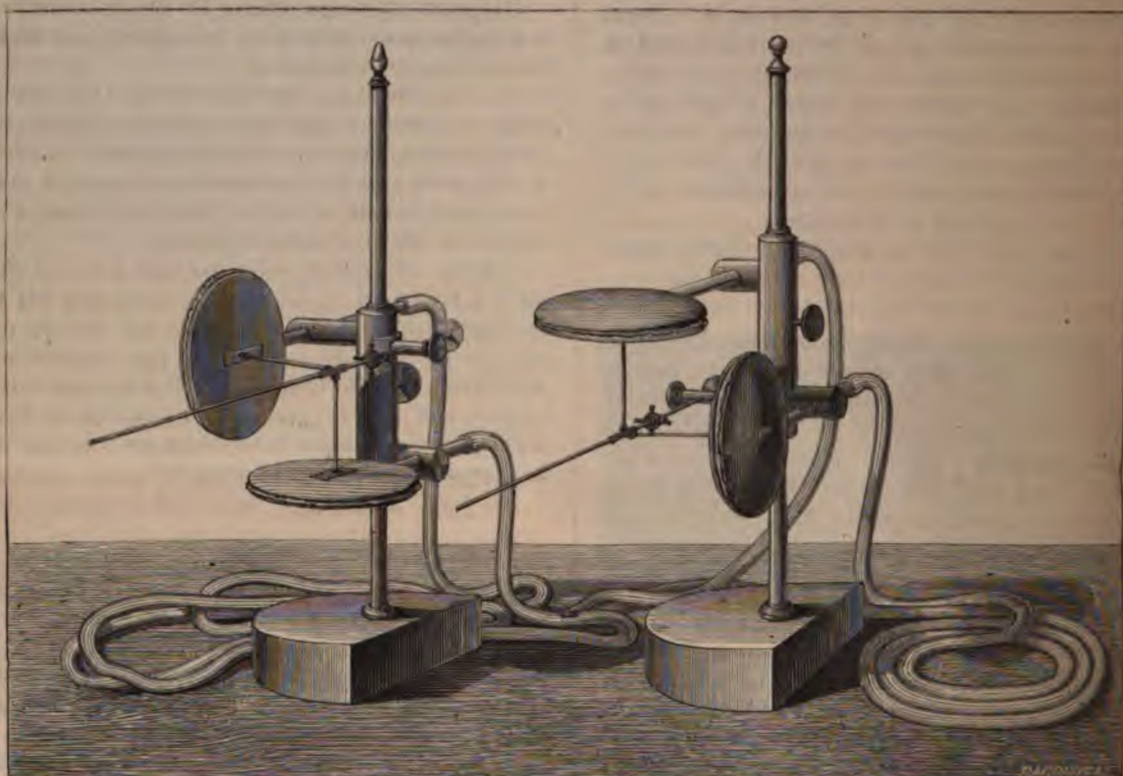


Fig. 103. — Appareil destiné à transmettre à distance à un levier tous les mouvements qu'un autre levier exécute autour de l'une de ses extrémités.

Ainsi, en admettant qu'on puisse transmettre à la fois les mouvements d'élévation et d'abaissement que l'aile de l'oiseau exécute, aussi bien que les mouvements que fait cet organe d'avant en arrière et d'arrière en avant; en supposant qu'une pointe écrivante puisse recevoir simultanément l'impulsion de ces deux mouvements perpendiculaires entre eux, cette pointe écrira sur le cylindre la figure exacte des mouvements de l'aile de l'oiseau.

J'ai cherché d'abord à réaliser l'appareil qui transmettrait ainsi à distance un mouvement quelconque et l'enregistrerait sur un plan, sans me préoccuper de la façon dont je pourrais appliquer sur l'oiseau cette machine plus ou moins pesante. La figure 103 représente ce premier appareil d'essai, dont la description est indispensable pour faciliter l'intelligence de la machine définitive dont je donnerai plus tard la construction.

Sur deux pieds solides portant des supports verticaux, on voit deux tiges horizontales parallèles entre elles. Ce deux leviers d'aluminium qui devront, grâce aux appar de transmission que je vais décrire, exécuter tous deu mêmes mouvements. Chacun de ces leviers est monté un Cardan, c'est-à-dire sur une double articulation qui l permet toute espèce de mouvements : ainsi, chaque lev peut être porté en haut, en bas, à droite, à gauche peut, par sa pointe, décrire la base d'un cône dont le Car sera le sommet. Enfin, il exécutera toute espèce de mouvem qu'il plaira à l'expérimentateur de lui imprimer.

Il faut maintenant établir la transmission des mou ments d'un des leviers à l'autre, et cela à une distance d à 15 mètres. Cela se fait au moyen du procédé que le teur connait déjà : l'emploi des tambours et des tubes à

Le levier qui, dans la figure, se voit à gauche, est relié, une tige métallique articulée à ses deux extrémités, à la mem brane d'un tambour placé au-dessous de lui. Dans les mou ments verticaux du levier, la membrane du tambour, tour abaissée ou soulevée, produira un mouvement de flerie qui se transmettra par un long tube à air jusqu'à membrane d'un tambour semblable appartenant à l'appar de droite. Ce second tambour placé au-dessus du levier q lui correspond, et articulé avec lui, transmettra fidèlem tous les mouvements verticaux qui auront été imprimés au tambour n° 1 (celui de gauche). Ces mouvements seront de même sens dans les deux leviers, grâce à l'inversion de la position des tambours. En effet, supposons qu'on abaisse le levier n° 1; on enfonce la membrane du tambour qui est au dessous de lui; il se produit une soufflerie qui soulève la mem brane du second tambour, et conséquemment abaisse le levie

versement, l'élévation du levier n° 1 produira une
n d'air qui élèvera la membrane et le levier n° 2.
océdant de la même manière pour la transmission des
ients dans le plan horizontal, j'ai placé, à droite de
leviers et à gauche de l'autre, un tambour dont la
ne, située dans le plan vertical, imprime à ces leviers
vements de latéralité, la transmission de ces mouve-
e faisant par un tube spécial de 10 mètres de long,
le précédent.
reil étant ainsi construit, si l'on prend dans les doigts
ité d'un des leviers, et qu'on lui imprime des mouve-
uelconques, on verra l'autre levier exécuter ces mou-
avec une fidélité parfaite.
la différence consiste en une diminution légère de
ide du mouvement dans le levier qui obéit. Cela tient
l'air contenu dans chacun des systèmes de tubes et
ours se comprime un peu, et par conséquent ne
pas la totalité du mouvement qu'il reçoit. Il serait
remédier à cet inconvénient, si c'en était un, en
ant l'appareil récepteur, ce qui se fait en plaçant le
n peu plus près du point où le mouvement se trans-
evier du second appareil. Mais il est préférable de ne
cher une trop grande amplification des mouvements
i veut les écrire, car on augmente alors les frotte-
l'on diminue la force qui devra les surmonter.
avoir constaté que la transmission d'un mouvement
ue s'effectue d'une manière satisfaisante au moyen
ppareil, j'ai cherché le moyen d'écrire ce mouve-
r un plan. La difficulté qui s'était déjà présentée
j'avais voulu appliquer la méthode graphique à
u mouvement de l'aile de l'insecte se représente ici;
te fois, il n'y avait plus moyen de l'éluder et de me
de tracés partiels. La pointe du levier n° 2 décrit
pace une figure sphérique incapable d'être tangente
it qu'en un point à la surface enfumée qui devait
le tracé. En conséquence, j'ai dû enregistrer la pro-
e cette figure sur le plan. Helmholtz s'était trouvé
en présence de la même difficulté dans la construc-
on myographe, et il l'avait résolue en forçant, au
un poids, la pointe du style écrivant à venir frotter
sur la surface enfumée. Mais comme je ne pouvais
l'un poids l'extrémité de mon levier, je recourus à
l'un ressort disposé de la façon suivante :
re 104 montre, à l'extrémité du levier, le ressort en



. 104. — Pointe élastique traçant sur une glace enfumée.

il est large à la base, afin de résister à toute ten-
déviations latérales sous l'influence des frotte-
tte base est fixée sur une pièce verticale d'alumi-
, par en bas, s'attache à l'extrémité du levier. De
cette façon, la pointe du ressort qui fait l'office de style se trouve sensiblement sur le prolongement du levier dont elle enregistrera les mouvements. Supposons que le levier s'élève et prenne la position indiquée par la ligne ponctuée dans la figure 104; en parcourant cet espace, il aura décrit un arc de cercle, et son extrémité ne sera plus sur le même plan que tout à l'heure, mais l'élasticité du ressort aura porté plus en avant la pointe écrivante; celle-ci continuera donc à être en contact avec le plan sur lequel elle doit écrire. Ainsi, le levier s'allonge ou se raccourcit suivant le besoin et sa pointe frotte toujours sur le plan. J'ajoute que la surface sur laquelle je reçois les tracés est une glace bien polie, et que le ressort que j'emploie est d'une telle souplesse, que la pression élastique qu'il exerce sur cette glace ne donne presque pas de frottements.

L'appareil étant ainsi disposé, il faut le soumettre à une vérification, pour savoir si les mouvements sont bien fidèlement transmis et enregistrés.

Pour cela, munissant les deux leviers de la figure 103 de styles semblables, je place les pointes de ces styles contre une même glace enfumée ; je conduis à la main l'un des leviers de manière à produire une figure quelconque, à signer mon nom, par exemple, et l'autre levier doit retracer la même figure, reproduire la même signature.

Il arrive, en général, que la transmission n'est pas également facile dans les deux sens ; on s'en aperçoit à la déformation de la figure transmise qui s'allonge plus ou moins en hauteur ou en largeur. Ce défaut peut toujours être corrigé : il tient à ce que la membrane d'un des tambours est plus tendue que celle de l'autre et qu'elle obéit moins facilement. On arrive bien vite par le tâtonnement à donner la même sensibilité aux deux membranes, ce qu'on reconnaît lorsque la figure directement tracée par le premier levier est identique avec celle que trace le second.

Voici les modifications au moyen desquelles j'ai rendu cette transmission applicable à l'étude des mouvements de l'aile d'un oiseau qui vole.

L'appareil devant nécessairement avoir un assez grand poids, je pris un gros oiseau pour le porter. De fortes buses adultes me servirent dans mes expériences. A l'aide d'une sorte de corset qui laissait libres les ailes et les pattes, je fixai sur le dos de l'oiseau une planchette de bois léger sur laquelle l'appareil était établi.

Pour que le levier exécutât fidèlement les mêmes mouvements que l'aile de l'oiseau, le Cardan de ce levier devait être placé au contact de l'articulation humérale de la buse. Or, comme la présence des tambours à côté du levier ne permettait pas ce contact immédiat, je recourus à l'emploi d'un parallélogramme qui transmettait au levier de l'appareil les mouvements d'une longue tige dont le centre de mouvement était très-voisin de l'articulation de l'aile de l'oiseau. Enfin, pour obtenir la solidarité des mouvements de la tige avec ceux de l'aile de la buse, je fixai sur l'aile bâtarde, c'est-à-dire sur le métacarpien du pouce de l'oiseau, une pince à écrou bien serrée, et munie d'un anneau dans lequel glissait la tige d'acier dont je viens de parler.

La figure 105 représente la buse volant avec l'appareil dont il vient d'être question; au-dessous d'elle pendent les deux tubes de transmission qui se rendent à l'appareil enregistreur.

Après un grand nombre de tentatives infructueuses, de

changements dans la construction de l'appareil, qui, trop fragile, se brisait presque à chaque vol de l'oiseau, je réussis à obtenir des résultats satisfaisants. Pendant toute la durée du vol, le levier enregistreur décrivait une sorte d'ellipse; mais je dus renoncer à enregistrer cette figure sur une glace



FIG. 105. — Buse volant avec l'appareil qui signale les mouvements décrits par l'extrémité de son aile.

immobile. Les mouvements de l'aile, en effet, n'étant pas les mêmes aux divers instants du vol, le style ne repassait pas par les mêmes points, et j'obtenais un tracé d'une grande confusion.

Je résolus alors d'écrire sur une glace animée d'un mouvement uniforme de translation horizontale, afin d'obtenir une figure déployée, que je pourrais ensuite soumettre à une correction géométrique et ramener à ce qu'elle devrait être pour chaque instant du vol, si le tracé eût été recueilli sur une surface immobile.

La figure 106 représente un des nombreux tracés que j'ai

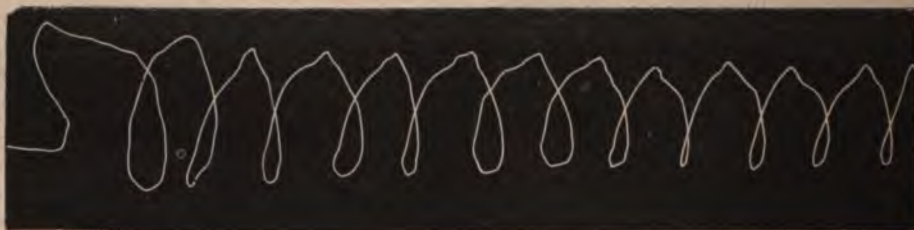


FIG. 106. — Représentant le parcours de la pointe de l'aile à chaque mouvement du vol.

recueillis dans ces conditions. La parfaite ressemblance de ces tracés entre eux me donne toute confiance dans l'exactitude de chacun.

Pour analyser la signification de cette courbe, il faut savoir comment l'oiseau volait, comment les appareils étaient disposés, et dans quel sens se déplaçait la glace enfumée qui recevait le tracé.

L'observateur, étant placé en face de la glace et du côté où sa surface était enfumée, voyait cette glace marcher à gauche; entre la glace et lui, était l'appareil écri le levier, frottant sur la glace, se portait directe avant.

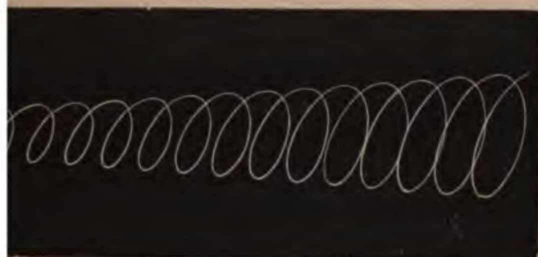
L'oiseau, volant de droite à gauche dans un plan à celui de la glace, portait à son aile droite le levier appareil. De sorte que les leviers des deux appareil gués étaient toujours parallèles entre eux.

Ceci étant connu, le tracé doit se lire de gauche à d On voit déjà que le mouvement consiste en une sorte d que la translation de la glace déploie en spirale. Les vements, très-étendus au début du vol, perdent peu à p leur amplitude et gardent quelque temps un caractère uniforme.

Cette figure ressemble assez à celle qu'on obtient au d'une verge de Wheatstone accordée à l'unisson, et l l'ellipse que décrit sa pointe, sur une surface animée translation de droite à gauche. La figure 107, montr tracé de cette verge, permet d'établir la comparaison.

C'est donc une sorte d'ellipse que décrit l'extré de la buse; mais il faut en déterminer la for plus exacte, et, à cet effet, corriger, pour l du tracé, la déformation produite par plaque.

areille correction n'est possible que si l'on connaît la vec laquelle se meut l'aile à chaque instant par rap- ligne des ordonnées de la courbe qu'elle décrit. En termes, il faut connaître les hauteurs auxquelles se cette aile au bout d'instants successifs égaux entre te notion une fois obtenue, si l'on trace des lignes



– Ellipse tracée par une verge de Wheatstone sur un cylindre tournant.

s horizontales dont chacune occupe la position de ns ces instants successifs, ces lignes viendront couper e descendante, par exemple, en des points qui corres- à des instants successivement égaux de son par- est clair que si ces points de la courbe ont été pro- es intervalles de temps égaux, chacun de ces points, luence de la translation uniforme de la plaque, aura , vers la droite, d'une quantité constante par rap- oint précédent.

rection consistera donc à reporter vers la gauche le point d'une certaine quantité qui se déduit de la vi- translation de la plaque; à porter le second point uche de deux fois cette quantité; le troisième point, fois cette même quantité, et ainsi de suite.

tie ascendante de la courbe devra être soumise à la rrection, et ainsi de suite pour chaque portion du

qui est inconnu, c'est précisément la hauteur à la- ile se trouve aux différents mouvements de son par- cendant ou descendant. Or, cette donnée peut être ar l'appareil de la manière suivante :

e le principe de cet appareil repose sur la transmis- eux mouvements perpendiculaires entre eux, ceux nt dans le sens de la hauteur et ceux qui se font lement, il suffit de supprimer la transmission des nts horizontaux pour avoir immédiatement la *courbe*



. — Tracé dans l'espace par l'extrémité de l'aile (abstraction faite de la translation de l'oiseau).

rs, c'est-à-dire l'expression de la hauteur de l'aile instant de son parcours. Pour cela, je pince le tube de transmission latérale, je fais voler l'oiseau, et j'obtiens la courbe des hauteurs de l'aile à tous les instants.

La correction étant faite et la figure 106 étant ramenée à ce que serait le parcours de la pointe de l'aile dans une de ses révolutions, projeté sur un plan immobile, on obtient la figure 108. Des flèches indiquent le sens dans lequel se fait le parcours de l'aile.

Cette forme appartient-elle à tous les oiseaux, ou seulement à la buse et dans les conditions de vol où elle était placée? Cette dernière supposition semble la plus probable: on peut même voir, en comparant la forme du tracé aux divers instants du vol de l'oiseau dans la salle d'expérience, que l'ellipse était plus grande et surtout plus ouverte dans les premiers coups d'aile que dans les derniers (1).

De la rotation de l'humérus et des changements du plan de l'aile pendant le vol.

L'aile de l'oiseau, comme celle de l'insecte, doit, en frappant l'air de haut en bas, trouver une résistance suffisante pour soulever sa partie flexible : celle que forment, en arrière des os, les *rémiges* et les *couvertures*. Cette cause produit déjà un changement dans le plan de l'aile; mais il en est une autre qui agit d'une manière beaucoup plus efficace, car elle place l'aile, dès le début de la phase d'abaissement, dans une position favorable à la double propulsion qu'elle doit produire. Je veux parler du pivotement que l'humérus exécute autour de son axe à chaque contraction du grand pectoral.

Il suffit de regarder la crête osseuse à laquelle s'insère le large tendon du muscle abaisseur de l'aile, et de considérer que cette crête occupe le bord antérieur de l'humérus, pour comprendre que l'action du grand pectoral, dont les fibres se portent en bas et en arrière, doit produire un mouvement de rotation de l'humérus autour de son axe longitudinal. La conformation de l'articulation humérale se prête parfaitement à ce mouvement. Enfin, l'existence de cette rotation est rendue plus nécessaire encore par la résistance que l'air présente à l'arrière de l'aile et oppose à l'abaissement de sa partie emplumée.

On pourra, si l'on veut, au moyen des appareils enregistreurs, signaler l'existence de ce mouvement et en mesurer l'étendue. Mais ces recherches m'ont paru devoir être ajournées, d'autant plus qu'elles nécessiteraient la construction d'appareils spéciaux, qu'elles exigent des expériences nombreuses, et qu'elles ne fourniraient, après tout, qu'un renseignement de peu d'importance. En effet, il est permis de déduire de l'attache des muscles la nature du mouvement qu'ils produisent, et cette déduction est ici particulièrement facile.

Toutefois, j'ai cherché à vérifier, par l'électrisation des muscles de l'oiseau, l'existence de ce mouvement de rotation de l'humérus, et à en mesurer l'étendue.

Dans l'expérience décrite précédemment, et qui avait pour but de mesurer l'effort statique développé par la contraction du muscle grand pectoral, j'ai vu que l'humérus, à chaque excitation portée sur son muscle abaisseur, exécutait un

(1) Il faut en excepter le second coup d'aile qui, dans toutes les expériences que j'ai faites, m'a donné une ellipse plus étroite que toutes les autres. Je ne sais à quoi il faut attribuer cette forme spéciale qu'il m'a paru intéressant de signaler à cause de sa constance.

mouvement de rotation sur son axe. J'ai planté dans l'os une tige perpendiculaire à l'humérus, et j'ai pu, d'après l'angle formé par les deux positions de cette tige, constater que la rotation correspondait sensiblement à un angle de 35 à 40 degrés chez la buse.

Il semble que les limites de cet angle soient imposées toutes deux par les attaches des muscles élévateur et abaisseur de l'aile. Si l'on prend un oiseau fraîchement disséqué, il suffit d'exercer une traction sur les deux muscles antagonistes pour voir que l'élévateur de l'aile élève ce membre de telle sorte que sa face supérieure regarde un peu en arrière. L'action du muscle abaisseur change complétement cette position de l'aile, et porte sa face supérieure franchement en haut, peut-être même un peu en avant (1).

Mais, à coup sûr, la flexion des pennes sous l'influence de la résistance de l'air doit donner, au moment de la descente la plus rapide de l'aile de l'oiseau, une inclinaison de son plan beaucoup plus prononcée.

De ces influences qui font changer le plan de l'aile de l'oiseau pendant le vol, la plus difficile à mesurer, c'est celle qui provient de la pression de l'air sur les pennes. Peut-être ne serait-il pas impossible de construire des appareils capables de la mesurer; mais cet effet est si variable, en raison même des variations de la vitesse avec laquelle l'aile s'abaisse, que la mesure qu'on obtiendrait ne serait que l'expression d'un cas particulier.

Il est très-probable, au contraire, que le changement de plan qui provient de l'action des muscles, et qui tient à la position du tendon de l'élévateur et de celui de l'abaisseur de l'aile, est un phénomène beaucoup plus constant.

On peut déjà prévoir l'action des deux mouvements de l'aile de l'oiseau, d'après ce qui a été dit du mécanisme du vol chez l'insecte. Il est clair que l'aile descendante aura le double effet de soulever l'oiseau et de lui imprimer une vitesse de translation horizontale. Quant au coup d'aile ascendant, son rôle ne saurait être le même, puisque l'imbrication des pennes ne leur permet pas d'offrir à l'air une surface résistante.

Tout porte à croire que l'aile remontante coupe l'air par le tranchant de son bord antérieur; mais, ainsi qu'on va le voir, un autre phénomène se produit, qui soulève le corps de l'oiseau pendant la remontée de l'aile : c'est la transformation de la vitesse que l'oiseau a acquise pendant l'abaissement de l'aile. Cette vitesse se change en remontée par un mécanisme analogue à celui qui soulève le jouet d'enfant qu'on nomme *cerf-volant*.

Dans une remarquable étude sur le vol des oiseaux, M. Liais est arrivé, par l'observation et le raisonnement, à admettre cette théorie.

Les expériences qui vont être décrites fourniront, j'espère, des preuves en faveur de cette supposition.

Avant de quitter ce sujet, il faut encore signaler l'existence de certains autres mouvements chez les oiseaux de petite taille : je veux parler des reploiements et déploiements alternatifs de l'aile pendant le vol. Mais l'existence de ces mouvements ne semble pas être constante, l'œil n'en saurait apercevoir la moindre trace pendant le vol des grands oise lesquels j'ai expérimenté.

Je négligerai donc la recherche de ces mouvem de leurs effets possibles, sauf à restreindre mes con au mécanisme du vol de certaines espèces d'oiseau minées.

MARE

(1) Ces expressions *en haut* et *en bas* sont relatives à un plan qui couperait l'oiseau en deux moitiés, l'une dorsale et l'autre ventrale, mais ce plan n'est sans doute pas tout à fait parallèle à l'horizon pendant le vol.

CHRONIQUE

MM. Masius et Vanlair ont présenté à l'Académie de B des recherches expérimentales sur la régénération mique et fonctionnelle de la moelle épinière, d les conclusions principales :

1° La *moelle épinière*, chez la grenouille, peut spontanément les pertes de substance opérées dans pre tissu à l'aide d'un nouveau *tissu médullaire*.

2° Le retour des *fonctions* de la moelle épinière sus par le fait de la lésion coïncide avec la régénératio éléments anatomiques ;

3° Cette régénération, à la fois *anatomique* et *fonct* ne s'opère que graduellement. Pour la reproduction ments histologiques, la formation des *cellules* préc des fibres. — Pour les propriétés physiologiques, c'es tilité volontaire qui reparait en premier lieu.

— Dans un Mémoire présenté à l'Académie des de Paris, M. Dehérain s'efforce de démontrer les troi suivants :

1° L'évaporation de l'eau par les feuilles s'exécute conditions tout à fait différentes de celles qui déte l'évaporation d'un corps inerte, car elle se poursuit d atmosphère saturée.

2° Cette évaporation est surtout déterminée par la l

3° Les rayons lumineux efficaces pour opérer la d sition de l'acide carbonique par les feuilles sont a qui favorisent l'évaporation.

— M. Grimaud de Caux a communiqué à l'Acadé sciences quelques détails sur l'utilisation des eaux d' Marseille.

Pour se débarrasser des déjections, on emploie de voirs mobiles qu'on enlève à de courts intervalles, et va vider dans des bateaux-citernes pouvant emporter tres cubes et plus. Ces bateaux sont dirigés vers le Bouc ; ils traversent l'étang de Caronte et entrent par tigues dans l'étang de Berre, véritable mer intérieure bords de laquelle on a construit de grands réservoirs populations agricoles viennent s'approvisionner, les teurs trouvant là un élément de fertilisation dont l'e n'est surpassée que par celle du guano du Pérou.

Ce fait est considérable à deux points de vue : au p vue de l'agriculture provençale, qui en tire mainte immense profit, et au point de vue de la salubrité seille, où, pendant longtemps, pour une populati compte maintenant trois cent mille âmes, on n'a eu vieux port comme aboutissant général de tous les pr l'élimination.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAIL

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON,

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE — NUMÉRO 42 — 18 SEPTEMBRE 1869

Paris, 17 septembre 1869.

lecteurs se souviennent des lettres de Pascal, de New- d'un grand nombre d'autres savants, de littérateurs et sonnages politiques, présentées à l'Académie des sciences ris par M. Michel Chasles depuis un peu plus de deux ns les commencements, nous avons reproduit *in extenso* uments mis au jour et les discussions auxquelles ils don- lieu (tome IV, 1867, p. 559, 571, 587, 652, 748), ainsi fac-simile (p. 591). Mais à la suite de diverses recher- la Bibliothèque impériale, nous avions acquis bientôt e conviction que ces pièces étaient entièrement fausses, s avions absolument cessé d'en parler, trouvant très- e surseoir à toute discussion jusqu'à la publication ète de ces documents. Le débat prit à l'Académie des es un développement considérable, et il vient de se ter- , lundi dernier, d'une manière fort inattendue, par une unication de M. Chasles, annonçant la découverte du ire qui serait l'auteur de ces pièces.

que dans les premiers jours de juillet 1867, dit M. Chasles, j'ai nneur de communiquer à l'Académie certains documents qui ient que Pascal avait connu les lois de l'attraction et aurait même relations avec le jeune Newton, je n'agissais pas avec précipi- car c'était depuis 1861, en novembre, qu'un individu se disant ste paléographe et faisant commerce de titres généalogiques, me ait ces documents de la part du possesseur, qui l'avait chargé de uler. . . . .

is donc plein de confiance dans mes pièces. Cependant les obser- qui ont été faites à Florence sur la lettre de Galilée du 5 no- 1639, dont j'avais envoyé une photographie, ont éveillé mon n et ont commencé à m'inspirer des craintes qui m'ont porté à es recherches et à des mesures de précaution ; j'ai cru devoir solliciter de M. le préfet de police une surveillance assez active ous mettre sur la trace du véritable dépôt des pièces qui m'étaient s. Les informations que M. Volpicelli a bien voulu prendre au- e ses amis, MM. Corridi et Guasti, en l'absence de la commission rence, ont accru mes inquiétudes, et j'ai cru devoir adresser e préfet de police une demande d'arrestation du vendeur ; ce qui eu.

s on n'a trouvé chez lui que quelques papiers blancs provenant gistres, des plumes, un flacon d'encre et quelques fac-simile de *raphie*, quand j'avais espéré que l'on y trouverait la masse des nents dont il ne m'avait livré que des copies, et dont une partie lérable m'était encore due.

refusé d'abord de faire connaître de qui il tenait les documents me livrait, mais il a déclaré ensuite que c'était lui qui les fabri- M. le commissaire instructeur lui a demandé s'il n'en aurait pas comte de Menou en 1861. Il a répondu : « Une soixantaine », nt qu'il avait aussi eu un résidu du cabinet de M. Le Tellier ; ce cabinet ne renfermait que des pièces généalogiques qui ont été es sans doute en 1860.

déclare donc qu'il a fabriqué depuis 1861 toutes les pièces, plus de 0 certainement, qu'il m'a vendues. Il déclare aussi qu'il m'a trompé depuis ce temps. Dès lors, on doit croire qu'il peut tromper encore.

Il trompe, en effet ; car il a dû convenir, contrairement à sa pre- mière déclaration, qu'il avait reçu des documents du comte de Menou, mort en 1862 ; de plus, une note de lui, trouvée dans ses papiers, porte qu'il a reçu de ce même comte de Menou des documents précieux au nombre d'une vingtaine de mille. Le possesseur n'avait pas encore eu le temps de bien les explorer ; il les lui avait cédés en échange de titres généalogiques et de travaux exécutés pour lui . . . .

Peut-on admettre, du reste, qu'un seul individu aurait pu composer une masse aussi considérable de documents, sur toutes sortes de sujets, quand surtout on ne trouve chez lui aucun des matériaux primi- tifs des livres, des fragments, des dessins qu'aurait exigés cette fabri- cation. Et, cependant, les documents dont j'ai eu à entretenir l'Acadé- mie ne sont qu'une partie de ceux qu'il m'a livrés.

Indépendamment des nombreux écrits de Galilée, de Pascal, de Louis XIV, de la Bruyère, de Molière, de Montesquieu, des écrits moins nombreux de Bouilliau, Marcotte, Rohault, de Fontenelle, de Mauper- tuis, de Bernouilli, de Saint-Évremont, madame de Sévigné, d'Étienne Pascal, de madame Périer, de sa sœur Jacqueline, et d'une foule d'au- tres personnages, je possède deux mille lettres de Rabelais, de très- nombreuses lettres de Copernic, Christophe Colomb, Cardan, Tortolea, Ramus, Budé, Grollier, Calvin, Luther, Scaliger, Dolet, Machiavel, Mi- chel-Ange, Raphaël, Thomas More, Charles-Quint, etc., toutes adres- sées à Rabelais ; de très-nombreuses lettres avec des poésies de son ami Clément Marot ; des mystères inédits et de nombreuses poésies de Marguerite d'Angoulême ; des lettres et des quatrains en français et en latin d'Anne de Pisseleu ; de nombreuses lettres, des poésies et des in- structions pour son fils, de François Ier ; des lettres et de nombreuses poésies de Marie-Stuart ; plusieurs centaines de lettres de Montaigne ; de très-nombreuses lettres de Shakspeare adressées à Larrivay, Phi- lippe Desportes, mademoiselle de Gournay ; des lettres et des devises de Cervantes ; des lettres et poésies de Ronsard, du Tasse, etc.

En remontant au delà du XVIe siècle, je citerai de très-nombreuses pièces et poésies du Dante, de René d'Anjou, de Pétrarque, de Boccace, Laure de Cabrières, l'amie de Pétrarque, de Clémence Isaure, de Villon, de Charles d'Orléans, etc. ; de nombreuses lettres de rois : Philippe- Auguste, saint Louis, Philippe le Bel, Charles V, Charles VI, Charles VII, Agnès Sorel, Jacques Cœur, Brantôme ; des lettres et récits de Jeanne Darc, écrits, les uns par Agnès Sorel, les autres pendant sa détention par la jeune fille, sa compagne de lit à Orléans.

Les pièces de Pétrarque, de Laure et de Clémence Isaure, si l'on peut en croire les documents, auraient été envoyées à Rabelais par Nos- tradamus, qui les aurait recueillies à Avignon.

La collection s'étend aux premiers temps de l'ère chrétienne et au delà même, car il s'y trouve quelques lettres et de nombreuses notes de Jules César et des empereurs romains, des apôtres, de saint Jérôme, Grégoire de Tours, saint Augustin, Boèce, etc., de plusieurs rois méro- vingiens ; un grand nombre de Charlemagne ainsi que d'Alcuin.

D'après les documents eux-mêmes, voici quelle serait l'origine de ce trésor. L'abbaye de Tours était très-riche en documents anciens. Al- cuin, qui en fut abbé, l'enrichit encore en faisant rechercher en Italie et dans les pays étrangers tout ce qui pouvait s'y rencontrer.

Rabelais, qui était grand amateur de pièces de ce genre et qui était même stimulé dans ses recherches par François Ier et Marguerite d'An- goulême, connaissait les archives de l'abbaye de Tours ; il lui fut per- mis d'en faire prendre des copies et des traductions de plusieurs milliers. Tout cela se trouvait à son ermitage de Langey, dépendant de la pro- priété des du Belley, et aurait passé dans la collection de l'intendant Foucault, mort dans les premiers temps du siècle dernier, membre de l'Académie des inscriptions.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES FULLÉRIENNES

M. MICHAEL FOSTER

Mouvements involontaires chez les animaux

I

MOUVEMENTS CILIAIRES ET AMIBOÏDES

Au début de ces leçons sur les mouvements involontaires des animaux, on serait bien en droit de me demander le sens exact que j'attache au mot *involontaire.* Malheureusement c'est là une expression négative, et par conséquent il est impossible de définir exactement le mot involontaire sans dire d'abord ce qu'on entend par *volontaire* ou par *volition.* Et ici je compte que votre indulgence me permettra de différer, au moins jusqu'à la fin de ces leçons, tout essai de définition quelconque. Ce qui m'encourage à le faire, c'est que nous reconnaissons ordinairement, et chez l'homme et chez les animaux, certains mouvements que nous appelons volontaires, et d'autres que nous appelons involontaires; et, dans bien des cas, nous ne sommes nullement embarrassés pour distinguer les uns des autres. D'autres fois, au contraire, nous nous trouvons dans un grand embarras. Ce que nous nous proposons ici, c'est de passer rapidement en revue les caractères les plus saillants de ce qu'on appelle communément les mouvements involontaires; nous commencerons par ceux sur lesquels le doute est impossible, pour finir par les mouvements dont la nature est non-seulement douteuse, mais même fortement contestée.

Et d'abord consacrons quelques instants à bien préciser le sens de certains termes techniques dont nous aurons souvent occasion de nous servir. Presque tous les mouvements, et assurément tous les mouvements perceptibles des corps animés, sont dus à l'action des muscles. Chacun des faisceaux de fibres charnues que nous appelons muscles a la propriété d'être éminemment contractile; cette contractilité de la fibre charnue consiste dans la faculté qu'elle a de rapprocher ses deux extrémités. Grâce aux longs leviers osseux et aux points fixes auxquels viennent s'attacher les extrémités des muscles, grâce encore à d'autres dispositions, tous les mouvements si variés et si compliqués des animaux dépendent simplement de cette faculté que possèdent les muscles de se raccourcir et de se contracter. Permettez-moi de mettre sous vos yeux, de la manière la plus simple, les faits essentiels de la contraction musculaire, dégagée de toute complication inutile.

Ce muscle que vous voyez est celui d'une patte de grenouille; il est isolé de toutes les parties avec lesquelles il se trouvait naturellement en rapport. Une des extrémités de ce muscle est solidement fixée à la partie inférieure de cette petite planchette; l'autre extrémité va s'attacher à un levier qui porte un poids suffisant pour tenir le muscle tendu. Évidemment, si le muscle se raccourcit ou se contracte, comme son extrémité supérieure est fixe, son extrémité inférieure soulèvera le levier.

Afin de rendre le mouvement du levier encore plus sensible, je l'allonge en y ajoutant une paille; enfin je m'arrange de manière que le bout aille marquer sa trace sur ce cylindre qui tourne autour de son axe.

La partie supérieure du muscle porte encore le nerf qui y correspond. Ce nerf, que j'ai mis en évidence, passe sur les extrémités de deux fils métalliques qui aboutissent, comme vous le voyez, à la petite planchette.

Évidemment, nous n'avons ici autre chose que le muscle et le nerf correspondant; le premier est en communication avec le levier, et le second avec les fils métalliques.

Le muscle et le nerf sont tous deux encore vivants; cependant, tant que nous nous abstenons de les irriter, ni l'un ni l'autre ne donne signe de vie. Le levier est tout à fait immobile, et sans une intervention du dehors, les choses resteraient indéfiniment en cet état. Au bout d'un certain temps, le muscle se roidirait de cette rigidité de la mort qui envahit peu à peu les muscles des cadavres; le muscle et le nerf finiraient, ou par se dessécher, ou par se décomposer, sans avoir manifesté aucune action propre. Et cependant il y a là une force active, une force latente, une force capable de déterminer le mouvement. Produisons une perturbation quelconque; par exemple plongeons cet excitateur dans les petites coupes pleines de mercure où viennent aboutir nos fils métalliques, et vous voyez que, toutes les fois que nous fermons ou que nous ouvrons le circuit électrique, le muscle se raccourcit, et qu'en se contractant, il soulève le levier.

Ici trois faits doivent attirer notre attention : — 1° Il se produit un changement d'état dans les fils métalliques; changement invisible, simple changement électrique.

2° Il se produit aussi un changement, une perturbation dans le nerf; changement infiniment plus complexe que le changement d'état électrique du fil conducteur, mais également invisible.

3° Enfin, le muscle aussi subit une modification qui se manifeste aux yeux par le raccourcissement ou la contraction qu'il éprouve.

Ainsi nous donnons le nom de *contraction* au changement ou au résultat du changement que subit le muscle.

Au contraire, nous appelons *commotion* celui qui se manifeste sur les fils métalliques.

Quant au changement que subit le nerf, lequel joue le rôle d'intermédiaire entre la commotion et la contraction, nous proposons de l'appeler du nom anciennement adopté de *stimulation nerveuse.*

Nous venons d'employer ici comme stimulant une commotion électrique, parce que c'est celui dont l'usage est le plus commode sous bien des rapports. Mais nous aurions pu en employer bien d'autres : saisissons, par exemple, le nerf avec l'extrémité de ces pinces, voici la même stimulation nerveuse, suivie de la même contraction du muscle; nous avons là une *stimulation mécanique.*

Ou bien encore, laissons tomber sur le nerf un peu de sel, et il se produit une action chimique; bientôt il en résulte une série de mouvements nerveux, qui amènent des contractions spasmodiques du muscle : Voilà un exemple de *stimulation chimique.* Et nous pouvons aller plus loin encore. En effet, jusqu'ici nous avons agi sur le muscle en opérant sur une certaine longueur du nerf; mais en réalité nous n'avons besoin de faire intervenir qu'une parcelle tout à fait microscopique de l'extrémité de ce nerf. J'aurais pu exciter directement le muscle lui-même. Vous voyez que quand je touche le muscle avec l'excitateur, j'obtiens une contraction semblable à celle que donnait l'action du courant électrique sur le nerf.

Ainsi, nous entendrons par *stimulation*, toute cause pertur-

qui, agissant sur le muscle, soit directement, soit
ement et à travers le nerf, produit ou tend à produire
traction, et par conséquent un mouvement.
devons supposer que, chez les êtres vivants, et à l'état
lorsque le muscle est en repos, c'est qu'il existe entre
icules qui le composent un état d'équilibre produit
forces de nutrition. Cet équilibre, la stimulation vient
ire.
uscle qui se contracte est un muscle dont l'équilibre
pu. De même, nous pouvons supposer qu'un nerf sans
trouve dans un état d'équilibre moléculaire, et que
libre se trouvant rompu par une stimulation, le mou-
complexe qui en résulte se propage à travers le nerf
me d'impulsion nerveuse.
qu'il en soit, il est bien évident que, pour les muscles
comme l'est celui-ci, nous sommes en droit d'affirmer
peut y avoir de contraction sans stimulation. Nous
même aller plus loin, et dire que toutes les fois qu'il
ne stimulation suffisante, il doit en résulter une con-
, sauf le cas d'un obstacle spécial qui l'annule. Alors
ion de la différence entre le mouvement volontaire
ouvement involontaire revient à celle-ci : Pouvons-
l ou non, suivre la stimulation qui produit le mouve-
squ'à ce que nous appelons la *volonté?*
Et maintenant, permettez-moi d'appeler votre atten-
un mouvement involontaire qui semble, au premier
tre en contradiction avec presque tout ce que je viens

ette petite plaque de paraffine, j'ai tendu une petite
de membrane. Au premier coup d'œil, vous la croi-
olument immobile; et cependant elle est dans un état
ement non interrompu. Il m'est facile de rendre ces
ents visibles. Pour cela, je n'ai qu'à poser à l'extré-
la membrane ce petit morceau de liége que surmonte
de papier noir : même de loin, vous pouvez voir le
ncer d'une manière lente, mais parfaitement soute-
qu'à ce qu'il atteigne l'autre extrémité de la mem-
Que je le reporte à l'autre bout, il reprendra sa
mystérieuse. Je vais faire passer plusieurs membranes
les, afin que chacun puisse vérifier cette observation
nême. Tant que vous remettrez le liége à l'extrémité
embrane où j'ai fait une petite marque sur la paraf-
is le verrez invariablement se diriger de nouveau
utre extrémité. L'expérience pourrait se continuer
toute notre conférence, et même plusieurs heures

u animal qui nous fournit cet exemple de *mouvement*
aire est un morceau de la membrane muqueuse qui
la gorge de la grenouille. Il y a longtemps que les
gistes ont reconnu l'existence de ce mouvement, et
nt essayé d'en trouver la cause. C'est en vain que
and anatomiste John Hunter s'était efforcé de résoudre
ème. Mais, enfin, il y a une quarantaine d'années,
ux des savants allemands, et, en Angleterre plus par-
ment, les recherches admirables du docteur Sharpey,
t appris que les mouvements du genre de celui que
nez de voir, sont dus à certains organes microscopi-
pelés *cils*, et dont l'action a reçu le nom d'*action*
C'est sur ces mouvements ciliaires que j'appellerai
tention pendant quelques instants.
us examinions au microscope la structure d'un des
morceaux de membrane que nous avons ici, nous trouverions que la surface interne, laquelle est ici placée en dessus, se compose de plusieurs couches de petits corps cylindriques, de forme ronde ou ovale, que les anatomistes appellent des *cellules* (fig. 109, 110 et 111); nous pourrions presque dire que



Fig. 109, 110 et 111. — Cellules ciliaires (d'après Leydig). — *A*, cellules cylindriques avec cils vibratiles assez longs. — *B*, avec des cils plus longs. — *C*, cellules vibratiles rondes (des rotateurs et de la sangsue). — (Fort grossissement.)

ce sont de petites briques vitales, garnissant le conduit de la gorge. Il va sans dire que ce sont des corps microscopiques, presque toujours invisibles à l'œil nu.

En poursuivant notre examen, nous verrions que le haut de chaque cellule de la couche supérieure est garni de poils imperceptibles, de sorte que la surface en est toute hérissée (fig. 112). Si nous mesurions chacun de ces cils, nous trouverions



Fig. 112. — Membrane muqueuse avec cellules ciliaires chez la grenouille (d'après Leydig).

que sa longueur est d'environ 6 millièmes de millimètre, et que sur chaque cellule il y en a 12 à 20, et peut-être davantage. Si l'examen était fait avec une rapidité suffisante, ces cils échapperaient d'abord à notre vue; nous n'observerions sur chaque cellule qu'une bordure transparente, et quelque chose de semblable à de l'eau coulant rapidement dans une certaine direction à la surface de toutes les cellules. Mais, à mesure que la vitalité de la membrane s'affaiblit et que la mort approche, nous nous apercevons que cette bordure transparente n'est en réalité qu'une rangée de cils qui se dressent l'un à côté de l'autre et sont animés d'un mouvement d'une rapidité incroyable, rapidité telle, que quand elle est à son maximum, on ne peut pas plus distinguer l'un des cils qu'on ne peut distinguer l'un de l'autre les rais d'une roue qui tourne fort vite. Chaque cil est en réalité comme un aviron microscopique qui frappe avec une vitesse infinie le fluide dans lequel il est plongé. Ce sont ces battements qui présentent l'apparence d'un courant rapide. Il est très-probable que, dans les circonstances ordinaires, la vitesse de chaque cil est au moins de 12 vibrations par seconde ; il n'est donc pas étonnant que le cil lui-même soit alors invisible. Quand le mouvement s'est suffisamment ralenti, on peut voir qu'à chaque vibration, chaque cil se courbe à peu près comme le fait la ligne du pêcheur sous le poids d'un

gros poisson, puis reprend plus lentement sa rigidité première. Quelquefois il se manifeste un mouvement ondulatoire, comme celui d'un serpent dans l'eau, et quelques auteurs ont décrit un mouvement de rotation qui se combine avec celui de flexion. C'est très-probablement le simple mouvement de flexion qui est le plus naturel et le plus ordinaire : le cil fouette le fluide environnant.

Puisque le redressement s'opère avec plus de lenteur que la flexion, le résultat définitif de l'action du cil doit être de pousser toujours le fluide en avant dans la direction dans laquelle s'opère la flexion. Nous avons cependant quelque raison de penser que chaque cil n'est pas une verge cylindrique s'amincissant vers son extrémité, mais plutôt une lame aplatie, qui frappe l'eau du côté plat lorsqu'elle descend, et présente au contraire son tranchant au liquide lorsqu'elle remonte. En un mot, le cil obtient une plus grande force de propulsion avec le même travail, grâce à un mouvement qui reproduit une manœuvre bien connue des canotiers. C'est l'action de ces cils qui fait marcher, comme vous pouvez le voir encore, ces petits morceaux de liége, qui les entraîne, les chasse le long de ces bandes de membrane muqueuse, et la question sur laquelle je dois maintenant appeler votre attention est celle-ci : — Quel est le mécanisme qui entretient l'action de ces cils ?

Nous pouvons à bon droit, je le crois, regarder ce mouvement comme involontaire. Vous voyez qu'il est produit par une simple bande de membrane séparée de toutes les parties avec lesquelles elle était en relation, lorsque déjà depuis longtemps le cerveau, les nerfs, le cœur et même les muscles de l'être dont elle faisait partie, sont immobilisés par la mort. Le mouvement que nous étudions est indépendant des grands centres nerveux. Néanmoins on pourrait bien penser qu'il existe, même dans cette simple membrane, sous la couche de cellules ciliées, quelque appareil d'une persistance vitale extrême, ayant peut-être quelque analogie avec les nerfs, dont l'action est la cause première, la cause directrice du mouvement des cils.

Cette hypothèse serait purement gratuite, comme il est facile de nous en convaincre.

Isolons une de ces cellules armées de cils (fig. 110 *B*), et si nous la maintenons dans un milieu convenable, elle continuera à mouvoir ses cils et à battre le fluide environnant avec autant ou presque autant de force et de régularité qu'auparavant. Je n'ai pas besoin de dire que l'effet que la cellule isolée exerce ainsi sur le fluide environnant, au lieu de déplacer le fluide, déplace la cellule elle-même. Il n'est pas rare de voir ces corps microscopiques, sous l'impulsion de leurs propres cils, tourbillonner comme une barque sans gouvernail que conduiraient des rameurs en démence.

C'est donc évidemment dans la cellule elle-même que nous devons chercher le mécanisme qui en explique le mouvement. Cependant l'examen le plus attentif d'une des cellules de la gorge d'une grenouille, avec les microscopes les plus puissants, ne révèle aucune trace de quoi que ce soit qui approche d'une structure spéciale pouvant faire soupçonner l'existence d'un mécanisme particulier.

Les cellules, qui affectent à peu près la forme pyramidale, sont composées d'une substance délicate que j'appellerai *protoplasme*. Vers le centre de chaque cellule se trouve un noyau, qui lui-même en contient un autre plus petit; mais ni l'un ni l'autre n'offrent la moindre indication de structure régulière.

Dans le protoplasme qui constitue la substance de la cellule, on peut voir quelques granules de dimensions et d'apparence variables, rien de plus. Ces granules sont très-probablement tout à fait inertes ; sans doute la nourriture non assimilée de la cellule, sur le point de se transformer en protoplasme pur, ou bien encore d'être éliminée comme produit excrémentitiel. Vers le sommet de la cellule, et au pied même des cils, on ne voit aucun de ces granules ; ici la substance de la cellule, comme les cils eux-mêmes, ne se compose que d'un protoplasme transparent, d'un pouvoir réfringent assez élevé, et qui, étudié par les moyens actuels d'analyse optique, semble parfaitement homogène. Il est vrai qu'Ehrenberg, ce vétéran de la micrographie, a vu et décrit deux muscles, un de chaque côté de chaque cil, et a pensé que ces muscles agissent tour à tour pour courber le cil et le redresser. De plus, un savant moderne a décrit certains rapports qui existent entre les cils et le noyau de la cellule. Mais, avec tout le respect que nous devons aux nombreux et utiles travaux du célèbre histologiste allemand, nous sommes forcés de reconnaître que c'est un des fils de la science qui *ont quelquefois des visions*.

Il y a quarante ans, un observateur plus exact qu'Ehrenberg, le docteur Sharpey, refusait d'admettre les descriptions de celui-ci, et je crois que nous pouvons affirmer aujourd'hui, avec plus de sûreté qu'on ne le pouvait alors, que dans ces cellules ciliées il n'y a aucune disposition mécanique qui explique le mouvement des cils. Nous irons même plus loin, et nous dirons que les cils ne doivent point être regardés comme des organes passifs que des muscles ou d'autres appareils forcent à se baisser ou à se relever. Chaque cil se courbe de lui-même, et l'appareil qui produit ce mouvement est très-probablement dans la substance homogène et transparente dont ce cil est formé. Il est vrai que personne n'a encore, que je sache, vu fonctionner un cil isolé ; mais on ne peut guère s'attendre à ce qu'un organe si tendre et si délicat puisse survivre au choc qui doit nécessairement accompagner sa séparation de la cellule à laquelle il appartient.

Ainsi, en l'absence de toute donnée sur une disposition physique qui nous permette de nous rendre compte de la nature de cette action ciliaire, nous sommes forcés d'en revenir à l'étude des caractères généraux de ce mouvement.

Ici nous sommes en droit d'affirmer que la force qui produit le mouvement rapide de ces avirons microscopiques n'est pas un simple phénomène physique, mais bien plutôt un phénomène vital complexe.

Et d'abord le mouvement s'affaiblit à mesure que la vie abandonne les tissus ; il s'arrête, lentement peut-être, mais infailliblement, quand arrive la mort complète des cellules ciliées.

En second lieu, sa persistance, comme celle de toutes les autres actions vitales, n'est possible que dans certaines conditions de température ; de plus, le mouvement ne s'effectue d'une manière tout à fait normale qu'entre des limites de température encore plus restreintes. Le froid le ralentit, la chaleur l'accélère. La température naturelle de l'animal auquel appartient la membrane est celle qui lui convient le mieux. Un froid trop vif ralentit le mouvement au point de l'arrêter ; une température trop élevée en épuise rapidement la source par une accélération extrême.

Avec la plupart des agents physiques et chimiques, sa sen-

é est remarquable. Si je plonge dans de l'eau distillée le ces portions de la membrane qui tapisse la gorge grenouille, les cellules et les cils se remplissent aussitôt excès d'eau; ils se gonflent, et les mouvements cessent uement. Si au lieu d'eau je me sers d'une dissolution concentrée, le contraire de ce qui se passait tout à re a lieu, mais le mouvement s'arrête également. Enfin, une très-faible dissolution de sel ordinaire, un demi cent par exemple, comme nous le voyons ici, les mor- de membrane ne se gonflent ni ne se contractent, et le ement peut continuer plusieurs heures de suite.

acides, même fort étendus, arrêtent le mouvement re ; il en est de même des alcalis. Le mouvement qui a ispendu par l'action d'un acide très-faible reprend sous ience d'un alcali très-faible, et réciproquement. C'est là it curieux ; car, tandis que le développement d'un acide iortel pour ce tissu, aussi bien que pour tous les autres à mouvement spontané, si l'action d'une membrane se tit par suite de la production d'acide, qui est un sym- e de mort, son activité ciliaire pourra être ranimée et érée pendant quelque temps par l'emploi judicieux d'une ution alcaline très-faible.

sphyxie est aussi une cause d'arrêt du mouvement re. Toutes les petites cellules dont je viens de parler sont amment occupées à respirer comme le corps tout entier elles font partie. Tant qu'elles vivent et qu'elles agis- elles absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide car- que ; si donc l'oxygène leur manque, elles languissent et action s'arrête.

comprend facilement que chaque cellule, et à plus forte n chaque cil, n'a besoin que d'une dose infinitésimale gène. Si je plongeais une de ces membranes ciliées dans itmosphère entièrement privée d'oxygène, le mouvement re continuerait encore quelque temps, parce que la brane se trouve imprégnée d'une quantité d'oxygène uffirait aux cellules pendant un temps même assez con- able. Néanmoins le mouvement finirait par cesser, et bien plus tôt qu'il ne l'eût fait dans les circonstances iaires. Il est facile de prouver que la cessation du mou- ent vient du manque d'oxygène ; on n'a pour cela qu'à nir à la membrane inerte une nouvelle provision d'air et, si l'on n'a pas trop tardé, on voit les cils, qui étaient me asphyxiés, revenir à la vie et reprendre leurs mouve- ts réguliers.

s poisons proprement dits n'ont pour la plupart aucune n sur les cils ; mais il est une substance, le chloroforme, agit sur eux avec une rapidité et une énergie fort re- quables.

j'exposais une de ces petites membranes de la gorge d'une ouille à l'action de vapeurs de chloroforme, le petit mor- de liége que vous voyez maintenant se mouvoir avec de vitesse, s'arrêterait complétement au bout de quel- secondes. Le chloroforme endormirait la membrane et cellules ciliées ; mais, si la dose n'était pas trop forte, n action n'avait pas été trop prolongée, les cils, exposés ir pur, pourraient encore se réveiller.

ır l'action d'un agent fort important, je veux parler de ctricité, il est assez difficile d'arriver à une conclusion nette. La plupart des observateurs n'ont pu constater ın effet appréciable, en opérant soit avec des courants con- s, soit avec des courants intermittents; et cependant on a affirmé tout récemment qu'il est possible, en se plaçant dan certaines conditions, d'obtenir quelques résultats.

Sauf ce dernier agent, tous les faits sur lesquels je viens d'appeler votre attention, non-seulement indiquent claire- ment la nature vitale de ces mouvements ciliaires si mysté- rieux, mais même font voir toute l'analogie qui existe entre eux et les actions musculaires ordinaires. En effet, si l'on voulait décrire non le mouvement d'un poil microscopique, mais celui du bras isolé d'un forgeron frappant l'enclume à coups redoublés, on pourrait se servir presque des mêmes termes. A part quelques détails sans importance, tout ce qui est favorable ou nuisible à la vie ciliaire l'est aussi à la vie musculaire.

Et si j'osais me permettre de donner ici le nom de muscles à des organes qui ne présentent même pas l'ombre de la structure musculaire, je présenterais peut-être un de ces cils comme un muscle long et mince, ou plutôt comme un arran- gement particulier de molécules musculaires ; je vous deman- derais alors de le considérer comme se courbant et se redres- sant de lui-même, par certains mouvements intérieurs de ses molécules musculaires, tout comme un Asiatique se prosterne et se relève par certains mouvements intérieurs des molé- cules musculaires de son corps. Une fois cette hypothèse admise, — quoique ce soit peut-être mieux qu'une hypothèse, — je vous rappellerais ce principe posé dès le début, que les muscles n'agissent que sous l'influence de certains agents de stimulation, et je poserais cette question : — Quelle est la sti- mulation qui fait courber le cil, et où faut-il la chercher?

Nous cherchons une stimulation agissant d'une manière intermittente, se produisant et disparaissant à chaque vibra- tion de cil, ou peut-être même deux agents de stimulation, intermittents tous les deux, alternant ensemble, l'un pour courber, et l'autre pour redresser ; car, comme j'aurais pu le dire déjà, l'idée que le cil se redresse par son élasticité propre semble plus que douteuse.

Ici nous pouvons dire tout d'abord que ces agents de stimulation ne peuvent se trouver en dehors du cil ou de la cellule ciliaire ; il n'y a en effet dans les circonstances exté- rieures aucune perturbation qui se produise et cesse d'agir douze fois par seconde.

Tous les efforts pour faire remonter le mouvement ciliaire à une cause d'excitation intermittente venant du dehors ont échoué. Si donc le phénomène est dû à une stimulation quel- conque, tout ce que nous avons à dire, c'est que la stimula- tion, quelle qu'elle soit, vient de la cellule ou du cil même ; elle doit être produite par ce tumulte des molécules du tissu que nous appelons sa nutrition ou sa vie.

Nous pouvons supposer que le cil, quoique de même nature qu'un muscle, a une vie plus élevée et plus complexe que ne l'est celle d'un muscle ordinaire ; que, par exemple, tandis qu'un muscle ordinaire pourrait être comparé à un fusil qui se chargerait de lui-même, mais qui aurait besoin d'être dé- chargé, le cil devrait être comparé à un fusil capable non-seu- lement de se charger, mais aussi de se décharger de lui-même à des moments dépendants de sa structure particulière. Peut- être encore la meilleure manière d'envisager la question est-elle de considérer chaque contraction, chaque mouve- ment en avant, comme l'indication d'un excès de puissance résultant de la vie de la cellule, excès qui se traduit par un mouvement brusque de chaque cil, toutes les fois que les

tance pour le cil même, ou sa cellule, il est peut-être d'une nécessité absolue pour le corps, dont ils ne sont que des parcelles imperceptibles. Partout enfin nous trouverions que ce mouvement, quoiqu'il vienne d'actions moléculaires qui échappent à notre observation, que ce mouvement dont tous les détails annoncent une intention bien déterminée, est néanmoins soumis à mille influences diverses : il peut être accéléré, ralenti, suspendu par telle ou telle modification des circonstances extérieures.

Voilà ce que nous pourrions voir et apprendre, sans réussir cependant, même en employant les microscopes modernes les plus puissants, à entrevoir dans l'objet de nos études rien qui approche d'un mécanisme organique capable d'expliquer tous ces faits.

II. — Permettez-moi maintenant d'appeler quelques instants votre attention sur un mouvement d'une nature différente, mais toujours involontaire, qu'on peut observer chez les animaux.

Si vous examinez au microscope une goutte de sang fraîchement tirée, vous verrez disséminés au milieu de ses nombreux globules rouges quelques corps incolores et transparents qu'on nomme globules blancs. La structure de ces derniers n'offre rien de particulier. Ils sont pâles, transparents, parsemés de granules réfringents de différentes grosseurs ; au centre de chaque corpuscule se cache un noyau solide et rond. C'est là tout ce qu'on y peut voir distinctement.

Vus au sortir des vaisseaux, les globules blancs semblent de forme sphérique ; mais si on les suit attentivement pendant quelques minutes, on voit une protubérance se former sur un point de la surface, et grossir peu à peu dans de certaines limites.

Il n'y a point là rupture de la surface sphérique, la continuité reste parfaite. Le globule présente à l'observation l'apparence d'une masse à demi fluide ou visqueuse, qui aurait coulé dans cette direction particulière. Il est d'ailleurs facile de se convaincre que ce qui est gagné du côté de l'enflure est perdu sur d'autres points. Ce phénomène est donc simplement un changement de forme. A ce premier mouvement en succèdent lentement d'autres de même nature. Le globule perd sa forme de sphère, pour prendre celle d'une poire ; puis il devient elliptique ; un peu plus tard quadrangulaire, étoilé, et ainsi de suite. Tant qu'il reste vivant, ce corpuscule change de forme à chaque instant, en s'étendant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Et ce ne sont pas seulement les contours qui s'altèrent ; le changement de forme devient bientôt un déplacement. Supposons en effet qu'une enflure se produise à droite par



FIG. 113. — Amibe diffluent glissant dans le sens indiqué par la flèche et vu sous trois aspects différents.

exemple, et que le corps tout entier suive cette protubérance, il en résulte un mouvement vers la droite. Ainsi, en répétant suffisamment la même manœuvre, le petit organisme parcourt des distances parfaitement appréciables (fig. 113).

Ce genre de mouvement particulier a reçu le nom de mouvement *amébien*, parce qu'il se manifeste sur une bien plus grande échelle, et s'observe avec bien plus de facilité chez une classe intéressante d'animalcules placée aux derniers degrés de la série animale, et dont l'*amèbe* ordinaire nous offre le type bien connu. Chez ces animalcules, nous sommes bien forcés d'admettre le caractère essentiellement vital du mouvement. Il peut sembler étrange, à première vue, que les globules du sang, de simples fragments de corps animés, possèdent la faculté de se mouvoir et de se déplacer d'une manière indépendante ; on est naturellement porté à croire que les changements de forme et de place qu'on observe dans une goutte de sang extraite des vaisseaux sont dus à des causes purement physiques et résultant de changements de densité ou d'autres transformations inorganiques qui s'opèrent dans la partie fluide du sang. Toutes les tentatives qui ont été faites pour arriver ainsi à l'explication des phénomènes ont jusqu'ici échoué de la manière la plus complète.

Ajoutons que les mouvements amébiens sont sensibles aux mêmes influences que les mouvements ciliaires et les mouvements musculaires ordinaires. Ils ne subsistent qu'autant que la vie n'a pas abandonné l'être animé ou la partie sur laquelle ils se manifestent. Ils sont accélérés par la chaleur, et ralentis par le froid. Ils ne sont possibles qu'entre certaines limites de température. Ils subissent l'effet de l'asphyxie, et ceux des substances anesthésiques, chimiques ou toxiques. Ils sont influencés par l'électricité. En un mot, leur histoire présente tant d'analogie avec celle de l'action ciliaire d'une part, et de la contraction musculaire de l'autre, qu'il est presque impossible d'échapper à la conviction que les trois phénomènes sont de la même famille, et que le lien commun qui les réunit est la force vitale. On nous trouvera peut-être bien hardis de vouloir établir un lien entre la formation d'une protubérance amébienne, qui demande peut-être plusieurs minutes pour se produire, et le mouvement brusque et rapide d'un cil qui s'effectue en une fraction de seconde ; mais alors nous répondrions que le temps et la dimension sont des caractères différentiels secondaires aux yeux du physiologiste. Si, d'un autre côté, on trouvait forcé le rapprochement entre le mouvement mal défini d'un protoplasme inorganisé et l'action ferme et bien caractérisée des muscles, dont la structure est si remarquable, je demanderais qu'il me fût permis de vous rappeler en quelques mots les traits essentiels des deux mouvements.

Lorsque nous examinons au microscope un de nos grands amèbes d'eau douce, nous voyons qu'il est non pas homogène, mais plutôt composé d'un noyau intérieur et d'une enveloppe. Le noyau intérieur est à peu près fluide et rempli de granules ; l'enveloppe extérieure, quoique à moitié fluide, est d'une transparence parfaite, semble tout à fait homogène, et présente à peine une tache à sa surface ou à l'intérieur : on pourrait à bon droit la comparer à une bande de verre fondu. C'est dans cette partie extérieure que naissent et s'exécutent les mouvements ; le noyau granulaire central ne fait que suivre l'impulsion de son enveloppe. Si l'on examine cette enveloppe avec attention, on ne peut s'empêcher d'être convaincu que sa substance est d'une nature plastique comme le verre fondu, dont je parlais tout à l'heure, et que, sous l'action d'un principe intérieur de mouvement, cette substance s'élève et retombe, ondulant tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Ce sont ces ondulations que nous appelons ses mouvements.

s des membranes d'une patte de grenouille, par exemple, lumière du soleil, il y a un rapport constant qui suit ligne dont les points principaux sont la rétine, le nerf ue, la moelle épinière et certains nerfs de la patte.

temps me manque pour en dire plus sur ce sujet. Je rappellerai seulement ce fait bien connu des palefre-, que le poil d'un cheval aveugle ne ressemble pas à ui d'un cheval qui y voit; la différence est si frappante, plus d'un maquignon reconnait au premier coup d'œil, très-loin, un cheval qui a perdu la vue. Vous convien-donc avec moi qu'il y a, chez les êtres vivants, bien des que la physiologie peut encore nous révéler, et que ces ements amébiens du protoplasme contiennent peut-être lutions de problèmes avec lesquels ils ne semblent jus-présent rien avoir de commun.

pourrais peut-être aussi vous rappeler que cette *chair trop* qui faisait le désespoir d'Hamlet, n'est qu'une masse i liquide, qui tremble et vibre, constamment agitée par ue mouvement.

crois pouvoir supposer, sans craindre de me tromper, bien peu d'entre vous, à la vue de ces membranes qui lent privées de la vie, penseraient qu'elles contiennent ganes d'un mouvement aussi persistant que vous avez constater. Le *microcosme* du corps de l'animal est sem-e au *macrocosme*. A première vue, les cieux semblent un état de repos, d'immobilité complète; et cependant savons que tout y est mouvement, travail sans relâche. ême, pour l'observateur attentif, des membranes mortes pparence, des morceaux de peau, des gouttes de sang, ue toutes les parcelles des corps vivants en viennent à considérées comme des centres de mouvement et d'acti-Nous n'avons qu'à ouvrir les yeux pour voir le mou-nt de la vie se poursuivre sans relâche dans le moindre de matière vivante.

MICHAEL FOSTER,
Professeur de physiologie à l'*Institution Royale* et à *University-college*.

raduit de l'anglais par BATTIER. —

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XVII (SUITE)

e curare considéré comme moyen contentif physiologique (suite)

nocuité du curare dans le canal intestinal passait au-pour une propriété merveilleuse, et je vous ai dit, na dernière leçon, qu'on avait cherché à l'expliquer en érant le curare comme un venin animal; ce qui n'ex-it rien au fond, puisqu'il n'en restait pas moins ignoré uoi tous les venins animaux étaient inoffensifs dans le canal intestinal. Cette propriété elle-même qu'on attribuait aux venins est aujourd'hui démontrée fausse depuis qu'on a étudié ces venins expérimentalement; mais le fait d'innocuité n'en est pas moins resté confirmé pour le curare; et, d'un autre côté, on n'a plus aucune raison de l'assimiler aux venins animaux. La cause physiologique de cette innocuité du curare tient simplement à un défaut d'équilibre convenable, ou plutôt à une balance trop exacte entre l'absorption et l'élimination.

L'absorption intestinale est d'ailleurs toujours assez variable, et par conséquent infidèle. Ainsi l'usage presque universel d'administrer les médicaments par les voies digestives est-il, ainsi que je vous le dis toujours, un des plus grands obstacles aux progrès de la thérapeutique scientifique. Il faudrait n'employer que des substances parfaitement définies et les administrer en injections sous-cutanées.

On croyait autrefois, et j'avais admis moi-même, lors de mes premiers travaux sur cette substance, que, si elle n'était pas toxique dans l'intestin, c'est qu'elle n'y était pas absorbée. Quant à cette impossibilité de l'absorption intestinale, on l'expliquait par une assimilation avec les venins animaux, qui, ainsi que je vous le disais il y a un instant, se trouve doublement fausse, d'abord parce que le curare n'est pas un venin, et ensuite parce que les venins et le curare lui-même sont absorbables dans le canal intestinal, comme nous le verrons tout à l'heure.

Les beaux travaux de M. Graham sur la dialyse avaient servi de base à quelques auteurs pour expliquer l'innocuité du curare dans l'intestin. On sait que M. Graham divise toutes les substances en deux séries : les cristalloïdes et les colloïdes; les premières dialysent au travers des membranes, les secondes ne le peuvent pas. On supposait que le curare était une substance colloïde, et que c'était pour cette raison qu'il ne s'absorbait pas dans le canal intestinal, parce qu'il ne pouvait traverser les membranes des voies digestives. Mais ceci était encore une hypothèse que les faits ont démontré fausse, puisqu'on peut retirer du curare le principe actif, la curarine, au moyen de la dialyse. Cela est d'ailleurs en rapport avec la théorie de M. Graham, puisque M. Preyer a montré que la curarine et ses sels cristallisent.

Du reste, il est bien certain aujourd'hui que le curare peut être absorbé dans les voies digestives; car, en recueillant les urines après l'avoir administré dans l'estomac, on trouve dans ces urines les propriétés toxiques particulières au curare. Nous n'en sommes plus au temps où l'on supposait des communications directes entre l'estomac et les reins; de sorte que la présence du curare dans l'urine, après son introduction dans les voies digestives, suppose nécessairement qu'il a été absorbé dans le canal intestinal et a passé dans le sang, d'où les reins l'ont extrait, pour le porter dans la vessie avec l'urine. Toutefois il est vrai de dire que le curare est absorbé fort lentement par l'intestin, surtout pendant la période de digestion. D'un autre côté, il est un diurétique énergique; à ce titre, il active la sécrétion de l'urine, et conséquemment l'élimination par cette voie excrétoire. Il en résulte que le curare entre dans l'organisme, mais qu'il en sort aussi vite qu'il y entre, de façon qu'il ne peut pas y produire son action ordinaire. Pour obtenir l'empoisonnement dans ces conditions, il n'y a qu'un moyen, c'est d'arrêter l'élimination par l'urine en liant les uretères, ou mieux encore en extirpant les reins eux-mêmes. Le curare, ne pouvant

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 381, 392, 446, 504, 541, 573 et 591, 16 et 30 janvier, 6 et février, 27 mars, 10, 17 et 24 avril, 1er, 15, 22 mai, 12 juin, juillet, 7 et 14 août 1869.

une dose toxique de curare, on n'active pas l'élimination du curare, et l'on ne fait qu'ajouter une nouvelle cause de mort à celle qui existait déjà.

Après ces explications, nous n'avons pas besoin d'ajouter qu'on tuerait infailliblement l'animal en élevant simultanément et parallèlement les doses de curare et de strychnine; ce qui ne devrait pas arriver dans l'hypothèse de l'antagonisme ou de l'antidotisme entre ces deux substances.

Étudiant le curare comme moyen contentif physiologique, nous devions signaler cette question, mais sans y insister trop longtemps, et nous terminerons aujourd'hui en faisant remarquer que le curare présente un avantage qui devra le faire préférer dans bien des cas aux autres moyens contentifs physiologiques : c'est de ne laisser aucune trace de son action après qu'elle a cessé ; tandis que le chloroforme lui-même, et surtout la morphine, engendrent toujours des modifications durables et souvent plus ou moins gênantes pour les opérations qu'on a pratiquées.

XVIII

Histoire physiologique du curare

Nous allons nous occuper aujourd'hui de la théorie de l'action du curare. Je vous ai indiqué, dans les leçons antérieures, de quelle manière il faut procéder pour employer cette substance dans l'expérimentation physiologique ; il serait inutile d'insister davantage sur ces moyens pratiques que nous aurons souvent occasion de mettre en œuvre sous vos yeux.

Mais pour nous l'empirisme ne suffit pas ; il ne faut pas se contenter d'employer une substance active, il faut se rendre compte de l'effet qu'on provoque.

L'action physiologique du curare consiste à supprimer tous les mouvements de l'animal. Mais, parmi tous ces mouvements, il en est un seul qui est immédiatement indispensable à la vie, c'est le mouvement respiratoire. Le curare tuera donc s'il arrête les mouvements respiratoires. Telle est, en effet, l'explication de son action toxique.

Vous pouvez remarquer que si ce corps produit l'inertie de l'animal qu'on soumet à son influence, tout aussi bien que le font la morphine et le chloroforme, c'est par un procédé bien différent, car il laisse subsister intacte la sensibilité sous ses différentes formes. C'est donc un tout autre mécanisme. En physiologie, les phénomènes ne sont que des mécanismes spéciaux à déterminer ; les uns sont vitaux, les autres sont purement physiques, et chaque poison a le sien, qu'il faut analyser afin de connaître la cause immédiate de la mort. Eh bien, il s'agit ici de préciser le mécanisme de l'intoxication par le curare ?

Fontana a cru que le curare agissait sur le sang ; mais on sait maintenant que son action se porte sur le système nerveux, car l'effet propre du curare est de produire la paralysie ; d'où résultent la cessation des mouvements et la résolution qui se remarque dans l'empoisonnement par le curare.

On pourrait diviser l'histoire physiologique du curare en deux grandes périodes, son histoire ancienne et son histoire moderne.

L'histoire ancienne commence en Europe au siècle dernier. On n'avait auparavant d'autres sources de renseignements sur cette substance que des récits de voyageurs plus ou moins apocryphes. Au XVIII[e] siècle, des savants européens étudièrent eux-mêmes le curare ; mais ils se bornèrent à considérer en masse les effets généraux et extérieurs de ce poison. Rappelons seulement les expériences de Fontana et celles du chirurgien anglais Brodie, que nous avons déjà citées dans les leçons précédentes.

Vers 1825, Jean Müller publia dans un journal encyclopédique allemand un article qui contient une foule de détails intéressants sur le curare, mais toujours dans le même ordre d'idées et de recherches. Cet article résume les faits alors connus et les divers renseignements, plus ou moins certains, recueillis sur cette substance ; il représente l'état de la science à cette époque, et peut être considéré comme fermant la première période de l'histoire du curare, son histoire ancienne.

L'histoire moderne du curare a été, je crois, inaugurée par mes recherches sur ce poison faites à un point de vue tout à fait nouveau. Mes premières expériences remontent à 1844.

A cette époque, je me suis servi de ce corps pour résoudre une question qui était posée depuis bien longtemps dans la physiologie, celle de l'*irritabilité hallérienne*.

Haller soutenait, comme on sait, que les muscles possédaient en eux-mêmes une propriété particulière, contractile, spéciale à eux, qu'il appelait l'*irritabilité*, et qu'il regardait comme distincte de la propriété des nerfs à laquelle il donnait le nom de *sensibilité*. Les muscles avaient la propriété contractile ; les nerfs possédaient la propriété excitatrice qui mettait en jeu cette propriété contractile des muscles, et c'est ainsi que se produisait le mouvement. Telle était la double base de la physiologie hallérienne.

D'autres physiologistes, au contraire, prétendaient que les muscles ne possédaient pas une propriété spéciale qui leur fût inhérente, mais qu'ils ne devaient leur irritabilité qu'à la présence des nerfs qui pénétraient profondément dans leur substance, et que, si l'on supprimait ces nerfs, ils cesseraient aussitôt de pouvoir se contracter.

Il était difficile d'échapper à cette objection des adversaires de Haller. Car on voyait disparaître les propriétés des nerfs du centre nerveux vers le muscle, mais celles des muscles disparaissaient bientôt après ; de sorte qu'on pouvait soutenir que c'était lorsque mouraient les dernières radicules nerveuses, que s'éteignait la contractilité dans le muscle. En effet, en parlant de la disparition des propriétés du nerf, nous ne désignons évidemment que le tronc qui émerge hors du muscle, puisqu'on ne peut pas interroger directement et isolément la partie du nerf qui est plongée dans le tissu musculaire. Or, quand le tronc du nerf avait cessé d'être irritable, on pouvait toujours prétendre que la partie plongée dans le muscle avait encore son excitabilité, et que c'était sur elle qu'on agissait quand on croyait exciter seulement le tissu musculaire.

Avec le curare, je pus trancher la question de l'irritabilité hallérienne d'une manière décisive. Voici l'expérience telle que je l'instituai et que je vais la reproduire devant vous.

Je prends deux grenouilles dans des conditions comparables. La première reçoit 1 centigramme de curare en dissolution aqueuse injectée sous la peau ; la seconde ne subit aucune injection : c'est la grenouille type ou normale qui servira de comparaison. Après quelques minutes, la première grenouille est morte et sans mouvement, tandis que la seconde est toujours vivante. Nous préparons ces grenouilles à la ma-

ien sauter, quoiqu'il n'y ait plus de circulation dans son postérieur, où l'impulsion du cœur ne peut plus se mettre. C'est que chez un animal à sang froid, comme la ouille, les propriétés des tissus persistent assez longtemps l'arrêt des conditions normales de la circulation. Chez nimaux à sang chaud, au contraire, elles disparaissent ite, et une expérience de ce genre serait absolument ssible.

tre grenouille étant ainsi disposée, injectons-lui du curare la peau du ventre, afin qu'il ne s'échappe point par la du dos. Ce curare est porté par la circulation dans tout in antérieur, mais il ne peut pénétrer dans le train posr, par suite de la ligature qui interrompt la circulation. erfs du train antérieur sont baignés par le curare à leurs extrémités, et perdent leurs propriétés motrices comme dinaire. Quant aux nerfs du train postérieur, c'est-à-dire erfs lombaires, ils sont également atteints par le curare r extrémité centrale dans la moelle, mais non à leur mité périphérique ou musculaire qui se trouve dans le postérieur, où le curare ne pénètre pas. Eh bien, la pae ne se produit pas dans le train postérieur. Vous pouonstater sur notre grenouille que cette paralysie n'a lieu lans le train antérieur, ce qui prouve que les nerfs loms n'ont pas subi l'action du curare. Voici une autre exnce plus simple et aussi bien appropriée à la démonstraque nous voulons faire. Elle consiste à couper le nerf que vers le milieu de la cuisse, en laissant la circulation te, chez une grenouille que l'on curarise ensuite. On ate que la partie périphérique du nerf sciatique perd ses iétés, c'est-à-dire cesse d'agir sur les muscles de la jambe, u'elle ne tienne plus à la moelle épinière. C'est donc par son extrémité musculaire, et non par son extrémité ale, qu'elle a été empoisonnée. On peut encore faire l'exnce comparativement, en opérant sur l'une des deux de derrière et en laissant l'autre saine.

là donc un second fait : le curare ne peut empoisonner erfs qu'en agissant sur leur extrémité périphérique. érience que nous venons de faire va nous conduire à un ème fait.

and on empoisonne une grenouille avec du curare en , sans lui faire subir aucune opération préalable, on ne as au juste dans quelle limite les nerfs sont atteints chez puisque tout reste inerte quand on excite ces nerfs. En rant cette grenouille à la manière de Galvani et en la ettant à l'investigation électrique, comme nous l'avons ut à l'heure, on peut se convaincre que c'est sur les que l'action du curare a porté. Mais on ne voit pas si les sensitifs et les nerfs moteurs sont également atteints. Il permis de le supposer, puisque la grenouille ne maniplus rien quand on la pince, et l'on ne peut pas dire si uffre ou non, puisqu'elle ne réagit pas. Mais l'autre exnce dans laquelle nous avons lié la grenouille par le du corps va nous permettre de trancher la question. le grenouille coupée pour ainsi dire en deux, et dont le antérieur est paralysé par le curare, n'en marche pas avec ses pattes postérieures ; elle nage si on la jette à etc. Dans le train postérieur tout est conservé ; si l'on la grenouille dans cette partie, il est donc naturel qu'elle ve de la douleur et remue de manière à la manifester. lui pince au contraire les pattes antérieures, elle ne peut nment remuer ces pattes, qui sont paralysées par le curare, mais elle remue les membres postérieurs, qui sont libres. Cela montre bien qu'elle a éprouvé une douleur, et par conséquent que la sensibilité persiste dans le train antérieur paralysé du mouvement par le curare.

Vous voyez par cet exemple combien on peut pousser loin l'analyse des propriétés des tissus au moyen de cet agent d'investigation. Il ne distingue pas seulement les propriétés des nerfs de celles des muscles, mais aussi les propriétés des nerfs moteurs de celles des nerfs sensitifs. Il sépare donc physiologiquement trois ordres d'organes connexes qui forment une seule chaîne, concourent au même phénomène, le mouvement, et ne se manifestent à l'extérieur que par ce seul fait.

Au lieu de soustraire toute une moitié du corps à l'action du curare par une ligature pratiquée sous le sacrum, on peut réserver seulement une des pattes postérieures, en plaçant la ligature à l'origine de cette patte. Si l'on pince les membres antérieurs, on ne verra plus remuer que la seule patte de derrière qui a été réservée. Nous pourrions, à la rigueur, ne préserver qu'un seul nerf moteur, et la persistance de la sensibilité ne se traduirait plus alors que par les contractions du muscle où arrive ce nerf.

Revenons maintenant à cette grenouille que nous avons empoisonnée en ne réservant qu'une seule patte postérieure, c'est-à-dire en y interrompant la circulation, nous verrons que les muscles ont également conservé leurs propriétés dans les deux pattes postérieures. Quant aux nerfs lombaires, celui de la patte réservée provoque seul des contractions quand on l'irrite avec la pince électrique ; l'autre au contraire n'en produit pas dans la patte qui lui correspond, et, si on l'irrite avec un courant électrique très-fort, c'est l'autre patte, c'est-à-dire la patte réservée, qui remue par action réflexe.

Voilà bien la démonstration nette que c'est le nerf, touché par son extrémité périphérique, qui a subi l'action du curare, tandis que l'autre, qui a été touché seulement par son extrémité centrale, a conservé ses propriétés et son activité pour faire contracter ce muscle.

La conclusion à tirer de tous ces faits, c'est que le curare agit exclusivement sur les nerfs moteurs en respectant les nerfs sensitifs et les muscles. Cette séparation des nerfs sensitifs d'avec les nerfs moteurs est très-remarquable. Les troncs nerveux mixtes qui se rendent à la peau contiennent deux parties distinctes : 1° des filets sensitifs partant de la peau et arrivant à la moelle épinière, où ils s'abouchent avec le nerf moteur ; 2° des filets moteurs qui reviennent aux muscles en s'accolant aux filets sensitifs de manière à ne former avec eux qu'un seul tronc dans lequel on ne peut plus distinguer les deux espèces de fibres. Quand on pince la peau et qu'un mouvement se produit par action réflexe, l'excitation fait donc un double trajet nerveux avant de provoquer un mouvement dans le muscle. Cette chaîne est formée des trois éléments : nerfs sensitifs, nerfs moteurs, muscles, qui paraissent si intimement unis ; le curare la brise pour agir sur l'élément nerveux moteur seul, en respectant les deux autres éléments entre lesquels celui-là se trouve enclavé.

Mais, de plus, je vous rappellerai que le curare a une action élective tout à fait localisée sur l'extrémité périphérique du nerf moteur ; c'est là seulement qu'il peut agir. Nous avons vu au contraire que le nerf sensitif n'était anesthésié par le chloroforme qu'à la condition d'être touché à son extrémité centrale par l'agent anesthésique. Il y a donc deux ordres de poisons à distinguer immédiatement à ce point de vue :

ur le curare, qui démontraient que ce corps agit, comme is de le dire, sur les nerfs moteurs. Ces expériences fu-épétées par un grand nombre de physiologistes qui les mèrent en y ajoutant cependant des détails nouveaux ne interprétation différente. En Russie, M. Pelikan; en agne, MM. Kölliker, Eckhardt, Funke; en France, ulpian, Buisson et Martin-Magron, etc., reprirent mes ences, mais en opérant sur des animaux différents, — ux et chiens, — tandis que j'avais surtout déduit mes ats d'expériences faites sur des grenouilles. M. Pelikan recherches sur des chevaux, reproduisit les résultats avais déjà obtenus, mais avec des différences; il constata s nerfs moteurs n'avaient pas perdu immédiatement, que je l'avais admis chez les grenouilles, toute irritabi-rès la mort par le curare.

Vulpian obtint des résultats analogues chez le chien, et nclut que le curare n'agissait pas de la même manière s mammifères et sur les batraciens. Nous avons déjà re-ié qu'une conclusion de ce genre est contraire aux lois physiologie générale. Si l'on arrivait à démontrer que ns nerfs moteurs ne sont pas atteints par le curare, ce ne serait plus des nerfs moteurs, puisqu'ils n'auraient us les mêmes propriétés.

n autre côté, j'avais montré que le curare empoisonnait f moteur par son extrémité périphérique; car vous vous nez que si l'on pratique une ligature qui préserve du ct du curare l'extrémité périphérique d'un nerf moteur, rf moteur, bien qu'atteint par le poison dans tout le de son trajet, n'était point paralysé pour cela.

ais conclu de ce fait que, sous l'influence du curare, le noteur meurt progressivement du bout périphérique au central dans la moelle. M. Kölliker, qui répéta ces expé-s, admit la même conclusion que moi. Or, on savait dans la mort naturelle par soustraction du sang, le nerf ır commençait au contraire à mourir par son centre llaire, et que la mort se propage ensuite le long de son jusqu'à l'extrémité musculaire. La mort par le curare mort naturelle auraient donc suivi une marche précisé-opposée.

s MM. Funke et Eckhardt soutinrent que le nerf moteur ourait pas sous l'influence du curare, et voici la raison en donnaient. En examinant l'état électrique du tronc nerf moteur paralysé par le curare, on le trouvait nor-Or, M. du Bois-Reymond avait montré qu'après la mort urants ou polarités électriques des nerfs étaient toujours gées. L'état électrique normal du nerf curarisé semblait démontrer que ce nerf n'était pas mort. On ne connais-as encore à cette époque ce que l'histologie a découvert s, l'existence d'une sorte d'organe élémentaire particu-nommé plaque nerveuse, qui constitue la terminaison erf moteur dans le muscle. Mais MM. Eckhardt et Funke saient déjà qu'il devait y avoir à l'extrémité périphé-du nerf moteur quelque chose de particulier, qu'ils aient l'appareil terminal, et que le curare tuait, puisque t là nécessairement que devait porter son action.

voit qu'il y avait, dans l'histoire physiologique du curare, rtain nombre de contradictions au moins apparentes. is du reste parvenu à les lever, car j'ai reproduit suc-ement, à volonté, tous les cas observés par les autres ologistes, et j'ai pu déterminer ainsi les conditions particulières de chacun d'eux. Les expériences que nous allons reproduire maintenant vont vous le montrer.

Voici une grenouille qui a été empoisonnée hier soir avec une dose faible de curare; en voici une autre qui vient d'être empoisonnée à l'instant même, aussi avec une dose faible; enfin en voici une troisième qui a reçu au contraire une dose élevée, de manière à être rapidement et fortement empoisonnée. Préparons ces trois grenouilles à la manière de Galvani. Vous voyez que chez celle qui a été fortement empoisonnée, les nerfs moteurs ne réagissent plus du tout, tandis que chez les deux autres ils réagissent encore un peu. Il était donc trop absolu de dire qu'après la mort par le curare les nerfs moteurs ne réagissent plus. Cela n'arrive que lorsqu'on a employé une dose forte; quand la dose est faible, l'irritabilité des nerfs moteurs ne disparaît pas complétement, mais elle est en général affaiblie.

Cependant je n'avais pas eu tort, puisque le résultat que j'annonçais est là sous les yeux de tout le monde. Seulement, quand on se place dans d'autres conditions que celles où j'opérais, c'est-à-dire quand on agit avec de faibles doses au lieu d'agir avec des doses fortes, il se produit des résultats différents: différents, entendons-le bien, mais non contraires.

Mais alors se pose cette question : Comment et pourquoi se paralyse et pourquoi meurt cette grenouille dont les nerfs moteurs sont encore très-excitables ? C'est ce que nous allons voir.

Lorsqu'on administre le curare à forte dose, les phases intermédiaires de l'action toxique disparaissent, et, à l'autopsie, on ne trouve que le résultat complet de l'empoisonnement. Il en est de même avec d'autres poisons employés à forte dose. On obtient tout de suite une mort absolue des organes atteints, et les phénomènes intermédiaires n'ont pas le temps de se produire d'une manière sensible. Ce sont ces circonstances qui ont conduit quelques physiologistes à confondre certains poisons les uns avec les autres. Mais l'erreur apparaît bien vite quand on donne les poisons à dose plus faible. C'est ce qu'il faut faire aussi pour le curare; en l'employant à dose modérée, on peut suivre toutes les phases de l'empoisonnement et saisir ainsi son mécanisme.

En premier lieu, comme je l'ai dit tout à l'heure, il faut que le curare touche l'extrémité périphérique du nerf moteur; mais, en constatant ce fait, j'avais eu tort d'en conclure que ce nerf commence à mourir par la même extrémité. Je me suis trompé tout le premier, et d'autres expérimentateurs, M. Kölliker particulièrement, se sont trompés avec moi en se laissant aller à cette induction qui paraissait pourtant si légitime. La vérité cependant, c'est que, sous l'influence du curare, absolument comme dans la mort naturelle, le nerf moteur commence à mourir par le bout central. Ce point est très-important à établir, parce qu'il montre que les phénomènes physiologiques et toxiques sont soumis aux mêmes lois.

Il n'y a donc point seulement là un fait particulier : c'est une loi rigoureusement générale, et c'est pour cela que j'y insiste. Le nerf moteur meurt toujours par son bout central, mais en même temps c'est toujours à son extrémité périphérique que doit agir la cause de mort; c'est ce qui arrive pour la mort par soustraction du sang comme dans les autres genres de mort. Pour les nerfs sensitifs, la même loi se rencontre que pour le nerf moteur, sauf que les termes sont renversés, son action se produisant en sens inverse. Le nerf sensitif commence toujours à mourir par son bout périphérique, et c'est

par son bout central qu'il est atteint. Vous vous souvenez de l'expérience comparative qui met en lumière cette opposition des deux actions nerveuses. Chez une grenouille liée par le milieu du corps et empoisonnée dans son train antérieur, l'empoisonnement du système nerveux sensitif se transmet dans le train postérieur par la moelle, tandis que l'empoisonnement du système nerveux moteur ne peut pas se propager par cette voie (voyez ci-dessus page 668).

Les faits sont clairs et faciles à observer. On peut les faire comprendre par une comparaison qui n'est, bien entendu, qu'une analogie et ne prétend pas s'ériger le moins du monde en explication. On peut comparer le nerf moteur à un tube rempli de mercure; l'agent nerveux serait, par exemple, de l'électricité, comme on a supposé qu'il l'était en effet. Cette électricité circulerait le long du tube, grâce à la continuité du mercure, qui est bon conducteur. Ouvrons le tube à son extrémité inférieure : le liquide mercuriel commencera aussitôt à s'écouler, et le tube se videra par le haut. C'est donc là, vers le centre, que se produira d'abord le défaut de continuité qui arrêtera la circulation de l'électricité.

Que se passe-t-il donc dans la mort par le curare? Le nerf moteur est pour ainsi dire décroché de la moelle épinière. Il n'a pas perdu la propriété de réagir sur le muscle, mais la moelle ne peut plus réagir sur lui. Cela produit le même effet au point de vue de la transmission du mouvement volontaire: il y a une lacune, une solution de continuité sur le trajet; l'influence de la volonté ne peut plus passer. Voilà pourquoi l'animal est paralysé. Mais comme le nerf moteur peut encore réagir sur le muscle, si nous irritons le tronc de ce nerf moteur avec un courant électrique, il se produira une contraction dans le muscle. Voici un lapin qui a été empoisonné avec une dose faible de curare; aussitôt qu'il tombe paralysé, incapable de mouvement volontaire, on met à nu le nerf sciatique, et vous voyez que, sous l'influence de l'électricité, ce nerf produit encore des contractions très-nettes dans les pattes, quoique l'animal ne puisse plus les mouvoir volontairement.

Nous pouvons donc poser cette loi générale : un élément nerveux commence à perdre ses propriétés par l'extrémité opposée à celle qui est sensible aux causes de mort. C'est comme si l'on écrasait un animal par le cerveau et qu'il soit paralysé d'abord par les jambes.

Voilà donc reproduits sur des grenouilles tous les faits différents de ceux que j'avais annoncés d'abord. Maintenant faut-il admettre que sur des chiens ou des chevaux les effets du curare ne sont plus les mêmes? Non, assurément. Voici à quoi tiennent les résultats différents obtenus dans ces circonstances.

Quand on opère sur de gros animaux, comme les chevaux ou les chiens, on leur donne relativement peu de curare. Lorsqu'on soumet les grenouilles à une dose proportionnellement aussi faible, vous voyez qu'on peut obtenir les mêmes faits que sur les chevaux et les chiens.

Inversement, on peut aussi produire à volonté une suppression immédiate du nerf moteur par le curare chez le chien ou chez le cheval; il suffit pour cela de leur donner beaucoup de poison, d'employer une dose qui soit proportionnellement aussi forte que celles ordinairement administrées aux grenouilles. Chez le cheval, qui est énorme relativement à une grenouille, il faudrait employer une dose très-considérable, ce qui est un inconvénient sérieux, à cause de la rareté de ce poison. Mais on peut y obvier par un détour en injectant directement le curare dans les veines, ce qui donne à l'action toxique beaucoup plus de promptitude et d'énergie observe alors, chez le cheval comme chez la grenouille suppression immédiate de l'irritabilité des nerfs moteurs a la mort.

D'ailleurs, comme nous l'avons remarqué déjà, des dist tions de ce genre entre certaines classes d'animaux consti raient des faits essentiellement antiphysiologiques, et i est dès lors très-difficile d'admettre, puisqu'ils ne tend à rien moins qu'à nier la base même de la science phys gique. Il peut y avoir chez certains animaux des élément ganiques qui manquent chez d'autres; mais les élém communs à toutes les espèces doivent avoir partout les mê propriétés. Or, l'élément musculaire ou contractile, l'élé nerveux moteur et l'élément nerveux sensitif (sensibilité nérale) se trouvent chez tous les animaux, ou du moins tous ceux que nous étudions ici; ils doivent avoir chez les mêmes propriétés essentielles, sans quoi ils consti raient des éléments organiques différents.

Il y a un autre fait, observé par M. Vulpian, et qui peut pliquer par des considérations de même genre.

Chez les animaux à sang froid, le cœur continue à b longtemps encore après la cessation des mouvements res toires, tandis que chez les animaux à sang chaud, le c par exemple, le cœur s'arrête très-vite, sinon immédi ment, en pareille circonstance.

Or, que se passe-t-il chez un chien empoisonné p curare? Les nerfs vaso-moteurs sont d'abord paralysés, l'action se produit sur d'autres nerfs moteurs, notammen nerfs respiratoires. Si l'on met alors à nu les nerfs des m bres, on constate qu'ils réagissent encore à l'électricit qu'ils ont conservé la propriété de faire contracter les m cles. Mais si l'on pratique alors la respiration artificielle a que le cœur ait cessé de battre, les nerfs moteurs per assez rapidement leur irritabilité, tandis qu'ils l'auraient servée beaucoup plus longtemps si l'on n'avait rien fait. active donc la mort du nerf par la respiration artificielle, le premier effet est d'achever en quelque sorte son empoi nement.

Ce résultat est d'ailleurs facile à comprendre. Chez les nouilles, le cœur, continuant à battre après l'arrêt des m vements respiratoires, l'empoisonnement se complète jours, et c'est pour cela que le nerf moteur finit par pe rapidement et complétement toute irritabilité, si la do poison est suffisante. C'est aussi pour la même raison que nimal peut arriver à éliminer spontanément le poison a pris, et à revenir, dans l'hiver, au bout de cinq ou six jo à l'état normal, d'autant plus que la respiration continue jours par la peau d'une façon suffisante pour entretenir fonctions qui sont alors très-abaissées. Quand on pratiqu respiration artificielle chez un chien curarisé, on le plac réalité dans les conditions où la grenouille est naturellem on empêche l'arrêt du cœur et de la circulation, qui, un animal à sang chaud, est la conséquence très-proch de l'arrêt des mouvements respiratoires. Le premier rés de ce maintien de la circulation doit être de compléter l' poisonnement. Aussi, loin de s'étonner de ce fait, on de donc le prévoir d'avance.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE NUMÉRO 43 25 SEPTEMBRE 1869

Paris, 24 septembre 1869.

acances ont toujours été l'époque des congrès scienti- ou autres, et, depuis un mois, nous avons été large- artagés sous ce rapport.
ongrès international d'anthropologie et d'archéologie riques siégeait cette année à Copenhague. On en a un compte rendu sommaire à la fin de ce numéro.
septembre s'ouvrait à Heidelberg un congrès d'oph- ogistes qui a duré trois jours. Les questions pratiques cupé la plus grande place. On y regrettait l'absence elmholtz, alors en vacances.
souvient du Congrès médical international tenu à Pa- 867 à l'occasion de l'Exposition universelle. Ce congrès, lui aussi se perpétuer, résolut de tenir sa prochaine en Italie... dans la capitale naturellement. Mais encore Florence ? Beaucoup de médecins en dou- Cependant, ne se croyant pas autorisé à résoudre la romaine dans le sens de ses désirs, le congrès vota amation : LA CAPITALE DE L'ITALIE... Il vient de se réu- orence, le 20 septembre. Pour attirer les médecins rs, le gouvernement italien accorde le retour gratuit hemins de fer italiens à tous ceux qui auront assisté ngrès.
année, le Congrès des naturalistes et médecins alle- ient de siéger à Inspruck, la capitale du Tyrol autri- Les Allemands englobent sous le nom de naturalistes savants qui étudient la nature. On connaît les résis- charnées du parti catholico-féodal autrichien aux ré- libérales de M. de Beust et aux tendances de l'esprit e. L'évêque d'Inspruck lui-même n'est pas un des mem- moins ardents de ce parti qui a beaucoup d'influence Tyrol. On prétend que le choix d'Inspruck a été pré- Les savants du Nord, élevés dans un milieu intellectuel lépendant, ne seraient pas fâchés d'aider un peu leurs s libéraux du Midi en... étonnant leurs adversaires.
ssie elle-même entre dans ce grand mouvement des scientifiques où la France tient malheureusement petite place. A l'imitation de l'Association britanni- l'Association américaine et du Congrès des natura- lemands, les savants russes ont institué aussi un con- iodique annuel qui vient de tenir à Moscou sa seconde sous la présidence de M. Tschourovsky. Ce congrès st souvenu de l'anniversaire séculaire de la naissance er, qui semble avoir disparu en France dans l'auréole tre anniversaire, et il a envoyé, pour le consacrer, gramme de félicitation à l'Académie de Paris.

SOCIÉTÉ GÉOGRAPHIQUE AMÉRICAINE DE NEW-YORK

M. T. STERRY HUNT (1)

de la Société Royale de Londres

Les volcans et les tremblements de terre

Mon intention est de discuter dans cette lecture la nature et les causes des éruptions volcaniques et des tremblements de terre, avec les phénomènes qui s'y rattachent, et de rechercher les raisons de leur distribution géographique particulière. Les mouvements violents de la croûte terrestre sont limités à certaines régions du globe, qui sont en même temps remarquables pour leur activité volcanique, d'où l'on peut raisonnablement conclure que les tremblements de terre et les éruptions volcaniques ont la même origine. La projection de roches en ignition, et très-souvent en fusion, par certaines ouvertures de la croûte terrestre, les dégagements de différents gaz et de vapeurs, accompagnés de mouvements quelquefois brusques et inattendus ou d'affaissements de surfaces considérables, et d'oscillations d'une grande amplitude, tout indique la rupture d'une couche de roc solide qui repose sur une masse inférieure de fluide en ignition. C'est aux mêmes conditions qu'il faut encore attribuer les mouvements lents de certaines portions de la surface terrestre, qui produisent le soulèvement ou l'abaissement des continents dans les régions éloignées des centres d'activité volcanique. La tension inégale de la portion de croûte qui est sur le point de céder et la brusque rupture de parties soumises à une pression trop considérable, telles sont probablement les causes immédiates des phénomènes que présentent les tremblements de terre ; suivant les calculs de Mallet, c'est à des profondeurs qui peuvent varier de sept à trente milles (de 11 à 48 kilomètres) que l'on doit placer le siége de ces phénomènes.

Il est bon de donner une esquisse rapide des phénomènes que présentent les volcans, avant d'entrer dans le détail des recherches qui font le sujet de cette conférence. Les volcans sont des ouvertures de la croûte terrestre par lesquelles s'échappent des substances solides, liquides et gazeuses, généralement à une température fort élevée. Quelquefois les matières que rejette le volcan sont solides et se composent de fragments de roches, ou de ce que l'on appelle des cendres volcaniques. Le plus souvent cependant, elles sortent dans un état de fusion plus ou moins complète, et prennent alors le

(1) Voyez une autre lecture de M. Sterry Hunt, sur la *Chimie des premiers âges de la terre* dans notre tome IV, page 737, 19 octobre 1867.

nom de lave; cette substance est quelquefois liquide et vitreuse, mais le plus souvent pâteuse et visqueuse, de sorte qu'elle ne coule que lentement et avec peine. Les matières solides ou liquides que vomit le volcan forment par leurs couches successivement accumulées des cônes volcaniques; ce fait, constaté par les observateurs modernes, est venu détruire la théorie des anciens qui croyaient que les collines volcaniques sont dues au soulèvement, par la pression intérieure, des couches rocheuses primitivement horizontales.

La vapeur d'eau est le premier des produits gazeux des volcans; l'eau semble non-seulement jouer un rôle dans toutes les éruptions volcaniques, mais aussi être en combinaison intime avec les laves : elle contribue à les rendre liquides, comme Scrope l'a fort bien montré. A cette température élevée, l'eau ne peut rester en combinaison que sous une forte pression; dès que cette pression n'existe plus, l'eau passe à l'état de vapeur, ce qui explique le boursouflement des laves et leur ascension dans les cratères des volcans. Outre la vapeur d'eau, de l'acide carbonique, de l'acide chlorhydrique, de l'hydrogène libre, ou en combinaison avec du soufre et du carbone, s'échappent des orifices volcaniques. La combustion des gaz inflammables au contact de l'air produit quelquefois le phénomène de véritables montagnes brûlantes; car ce nom ne doit pas être donné aux montagnes qui ne vomissent que des gaz acides, de la vapeur d'eau et des roches incandescentes incombustibles. Les fluides élastiques qui s'échappent des laves leur donnent une structure celluleuse; mais quand les laves se refroidissent lentement sous une forte pression, comme on peut le voir dans les canaux souterrains qui sillonnent les flancs des volcans, les substances pierreuses deviennent plus denses, présentent un aspect cristallin et ressemblent aux roches volcaniques plus anciennes que l'on trouve dans des contrées où il n'y a plus de volcans. Ce sont surtout des granits, des trachytes, des dolérites, des basaltes, etc., en masses rocheuses qui, bien que extravasées comme des laves, se sont solidifiées au milieu des rochers qui les entouraient et par conséquent sous une pression considérable. Leur présence indique, soit les parties inférieures de volcans dont les cônes se sont peu à peu effacés, soit des jets de roches liquéfiées qui n'ont pu arriver à la surface. Les jets de ces substances et la formation de fissures volcaniques ne sont que des accidents dans l'histoire du travail igné qui se poursuit sous la surface terrestre. Nous regarderons donc l'extravasement de la matière ignée, soit sous la forme de laves ou de cendres à la surface, soit sous celle de roches plutoniques entre des couches différentes, comme une manifestation de l'action volcanique dans son sens le plus large. Dans cette étude, nous considérerons à la fois les régions qui ont été le théâtre de grands soulèvements de roches plutoniques pendant les périodes géologiques antérieures, et celles où les volcans sont encore en pleine activité, activité qui remonte presque toujours jusqu'à une partie de l'époque tertiaire. Si nous commençons par ces dernières régions, la première et la plus importante de toutes est la vaste étendue de l'ancien continent qui comprend les bassins de la Méditerranée, de la mer d'Aral et de la mer Caspienne, et qui commence à la péninsule Ibérique pour se terminer dans l'Asie centrale aux monts Thian-Chan. Cette zone immense, qui comprend environ 90 degrés de longitude, renferme tous les volcans historiques de l'ancien monde, auxquels il faut ajouter les volcans éteints de la Murcie, de la Catalogne, de l'Auvergne, du Vivarais, de l'Eifel, de la Hongrie, etc., dont ques-uns ont probablement été encore en activité pend période géologique de l'homme.

C'est un fait remarquable que cette région a presq même étendue que celle qu'ont occupée pendant des les grandes races civilisatrices du monde. Parties du p de l'Asie centrale pour s'avancer à l'ouest jusqu'aux co d'Hercule, les nations indo-européennes étaient fam avec le volcan et le tremblement de terre. Celles d sémitique n'étaient pas non plus étrangères à ces phé nes, comme le prouvent amplement toutes les images ques des Écritures hébraïques. Dans le langage de écrivains, les montagnes sont fondues; elles tremblent faissent devant Dieu, quand brûle le feu qui fond tout. lère s'épanche comme le feu; il touche les collines et fument, tandis que le feu et le soufre viennent détruir la plaine les villes maudites, dont les fondements ne qu'un torrent de matière fondue. La poésie et la myth des Grecs et des Romains sont également remplies d'all au royaume du feu souterrain, qui est la source des v et des tremblements de terre, et leur influence se rec dans toute la littérature d'imagination et dans les sy religieux des nations indo-européennes. Sans doute, le tact de ces peuples avec ces manifestations terribles de invisibles qui échappaient à leur prévision et à leur co dut agir fortement sur leur développement moral et int tuel, et ce développement aurait présenté des phases dif férentes si le berceau de ces races eût été l'Australie côte orientale de l'Amérique, où les volcans sont incon où les tremblements de terre se font à peine sentir.

Avec la grande région que nous venons d'indiquer, nommer celle du versant américain du Pacifique, de à Aliaska, d'où s'étend le long de la côte orientale de l'As ligne d'action volcanique qui va jusqu'aux terribles mont brûlantes de l'archipel indien. Le bassin du Pacifique est d'îles volcaniques, et des volcans brûlent jusqu'au mili glaces épaisses du continent antarctique. La surface de Atlantique est également parsemée de volcans, dep Jean Mayen et l'Islande, jusqu'aux Canaries, aux Açore îles Caraïbes; puis, au sud, jusqu'à l'Ascension, à Hélène et à l'île Tristan d'Acunha.

A l'exception des deux régions que nous avons i plus haut, les continents ne présentent pas d'indic tion volcanique moderne; les régions d'activité vo ancienne, révélées par la présence de grands ments de roches éruptives, sont également limitée consorites. Dans l'Europe septentrionale, nous v chaîne de l'Oural, une partie de l'Allemagne central partie des îles Britanniques; dans l'Amérique du semble n'y avoir eu que deux régions volcaniques pe période primitive : l'une dans le bassin du lac Supér l'autre sur les deux versants de la chaîne des monts Al au nord-est, comprenant les vallées du cours infér fleuve Saint-Laurent, le lac Champlain, l'Hudson et necticut, et continuant encore vers le sud. L'étude verses roches éruptives de cette région montre que l volcanique y a commencé sur plusieurs points avec l primitive, pour se prolonger encore au delà de la fin époque.

Tels sont les faits principaux de l'histoire des volca sons maintenant aux différentes théories émises à ce

les expliquer. La première idée, la plus natu- de la combustion ; aussi voyons-nous les pre- attribuer l'existence des volcans à la combus- n, du bitume ou du soufre. A mesure que l'on lée plus juste de la nature de la combustion, té de l'air pour l'entretenir, on a admis d'au- imiques comme causes probables de l'existence ır. Lemery l'expliqua par la combinaison des 'oxygène en présence de l'eau. Quand Davy eut s les terres et les alcalis des bases métalliques nt l'eau avec une grande énergie et même avec omènes de la combustion, on vit s'élever la ue des volcans, théorie qui a conservé des par- nos jours. D'après cette théorie, l'intérieur du ose des bases métalliques, des terres et des al- lent par l'infiltration lente des eaux de l'océan, insi une chaleur intense ; alors les oxydes pro- en fusion et forment les laves et les roches point de vue chimique, les objections que sou- rie sont nombreuses, et, selon moi, irréfuta- elle n'explique aucun des faits qui se ratta- ribution passée et actuelle des volcans, et se ccord avec les vues sur l'état primitif du globe èrent naturellement les déductions de l'astro- hysique et de la chimie modernes.

tile de répéter ici les arguments que l'on invo- le la théorie d'après laquelle notre terre serait ain de se refroidir, après avoir passé par des ıtes, depuis celle de masse nébuleuse diffuse, iquide, pour arriver enfin à son état de solidité une croûte extérieure refroidie. Je ne parlerai le l'accroissement régulier de température que mesure que l'on pénètre plus profondément solide, d'où l'on conclut qu'à la profondeur de s on arriverait à la température de l'ignition (1). ons que le globe, liquide à une époque donnée, à se solidifier à la surface, et que celle-ci se uverte d'une croûte peu conductrice de la cha- it pas difficile d'admettre, comme le font quel- 'existence d'un centre encore liquide, entouré pe de matière solidifiée, sur laquelle se sont uches sédimentaires. Cependant plusieurs ob- eurs indépendantes les unes des autres, tirées hénomènes de la précession des équinoxes, les éorie des marées et du poids énorme de masses telles que l'Himmalayah, ont été élevées contre e d'une croûte mince reposant sur une masse le. A ces objections il faut en ajouter une fort ın ordre différent. Si nous en jugeons d'après les nues des roches que nous avons pu étudier, la loit commencer non par la surface, mais par le e liquide, fait auquel contribuerait d'ailleurs la pression. Celle-ci élève la température de stances qui, comme les roches et la plupart des nent moins denses en fondant, tandis que de le abaisse le point de fusion de celles qui, e, deviennent plus denses en fondant. Nous er ici que la pression augmente la puissance dissolvante de l'eau pour la plupart des corps dont la solution aqueuse donne un mélange d'une densité supérieure à celle de la moyenne des corps qui y entrent ; on verra plus loin l'importance de ce point. Voici, en résumé, la théorie qui résulte des considérations précédentes, théorie adoptée par Hopkins et par Scrope : le centre de la terre est solide, quoiqu'il conserve encore presque la même température élevée à laquelle il s'est solidifié. A un moment assez avancé de cette solidification, l'enveloppe restante de matière en fusion est devenue visqueuse, de manière à empêcher la chute des particules plus pesantes refroidies par le rayonnement de la surface ; une croûte s'est donc formée, au travers de laquelle le refroidissement s'est continué depuis lors avec une grande lenteur. Ainsi, il est resté entre cette croûte et le noyau solide des portions, ou peut-être même, selon Scrope, une nappe continue de matière encore liquide, et c'est dans l'existence de cette couche ou de lacs de matière non solidifiée que nous devons chercher l'explication de tous les phénomènes de volcans et de tremblements de terre, de soulèvement et d'affaissement, et aussi des mouvements auxquels est due la formation des chaînes de montagnes, si ingénieusement exposée par M. Shaler. La contraction lente du globe à mesure qu'il se refroidit, fait d'une importance si grande pour ces derniers phénomènes, n'est évidemment pas exclue par cette hypothèse. Ajoutons qu'une structure semblable du globe, consistant en un noyau et une croûte, tous deux solides, séparés par une couche liquide, avait été indiquée il y a longtemps déjà par Halley, pour expliquer les phénomènes du magnétisme terrestre. Scrope a complété cette hypothèse par l'idée que des variations de tension ou de pression peuvent faire passer des portions de matière situées à une certaine distance au dessous de la surface, de l'état solide à l'état liquide, et réciproquement, ce qui permet d'expliquer le caractère temporaire et local de l'activité volcanique.

Cette théorie de Hopkins et de Scrope, si complète en apparence, se rapproche de celle que j'adopte, avec des différences sur plusieurs points fort importants. Tout en admettant avec ces savants l'existence d'un noyau et d'une croûte solides, séparés par une couche de matière à demi-liquide, je considère cette dernière non comme une partie de la matière ignée encore liquide, mais comme une couche qui, déjà solidifiée, est redevenue liquide par l'action de l'eau, sous l'influence de la chaleur et de la pression. Quand le globe, dans son refroidissement, est arrivé au point, imaginé par Hopkins, où une croûte solide s'est formée au-dessus de la couche peu profonde de matière en fusion qui couvrait le noyau solide, le refroidissement et la contraction de cette croûte durent, en se continuant, produire des mouvements irréguliers qui la brisèrent et firent sortir les parties liquides enfermées au-dessous. Lorsqu'enfin l'abaissement de la température eut permis à l'eau de se précipiter de l'épaisse atmosphère primitive, toute la masse de croûte fendue et de roche ignée extravasée, en train de se refroidir et de se désagréger, fut nécessairement exposée à l'action de l'air et de l'eau. De la sorte, le noyau solide de roche ignée fut bientôt entouré d'une couche épaisse de substances désagrégées et imprégnées d'eau, débris de son enveloppe primitive, chaos d'où devait sortir le monde de l'histoire géologique et de l'histoire de l'homme, sous l'influence de la chaleur intérieure, et sous celle de l'air et de l'eau du dehors.

A mesure que nous descendons dans la croûte sédimentaire

(1) …estions, voyez une lecture de sir W. Thomson dans …lume, page 57, 26 décembre 1868.

et isolé dans cette petite cuvette ; et ses battements, vous le voyez, sont soutenus, pleins et continus. Ces deux cœurs vont battre pendant toute cette leçon ; abandonnés à eux-mêmes, il est probable qu'ils battraient encore demain matin.

Or voici la question que je veux vous soumettre : pourquoi le cœur bat-il ainsi ? Quelle cause produit et entretient ces battements ?

Il est à peine nécessaire de vous avertir qu'il serait impossible d'isoler ainsi le cœur d'un oiseau ou d'un mammifère pour en étudier les battements. Mais ne nous hâtons pas d'en conclure que, pour ces animaux, la cause des mouvements du cœur n'est pas la même que pour la tortue et la grenouille. Ce n'est au fond qu'une question de dépense de forces. Chez les animaux à sang chaud, la vie du cœur, comme celle du reste du corps, est rapide et énergique. Le cœur, comme toutes les parties du corps, vit des aliments que lui apporte le sang qui afflue sans cesse dans son tissu ; or, le cœur d'un animal à sang chaud consomme en quelques minutes la nourriture que lui apporte le sang à un moment donné. Le cœur dépense tout ce qu'il reçoit, et, par conséquent, dès que le sang n'arrive plus jusqu'à lui, les forces lui manquent et il cesse de battre. Au contraire, la tortue, animal à sang froid, est loin de dépenser tout ce qu'elle reçoit ; elle tient quelque part en réserve dans ses fibres, les aliments que le sang lui a fournis en excès. Le corps entier de l'animal auquel a appartenu ce cœur, aurait vécu tout un hiver du capital accumulé dans ses tissus, et économisé sur la nourriture de l'été. Une moitié de ce capital se trouvait placée dans les fibres du cœur ; c'est ce placement qui le soutient maintenant, et c'est pour cela que vous le voyez battre encore.

Prenez le cœur d'un animal à sang chaud, faites-y arriver par les petits vaisseaux sanguins un courant de sang nutritif qui en baigne toutes les fibres de ses sucs réparateurs, et il continuera de battre aussi. Si je n'étais arrêté par des difficultés d'exécution purement matérielles, je pourrais, à l'aide d'une pompe, de quelques tubes et d'une provision de sang, faire battre devant vous le cœur d'un mouton au lieu de celui d'une tortue.

Nous pouvons en être certains, chez tous les animaux le mécanisme des battements du cœur est le même ; tous battent pour les mêmes raisons essentielles, et si nous prenons pour exemple le cœur d'un animal à sang froid, c'est parce que, dans ce cas, les organes de la vie se meuvent plus lentement, et nous laissent par conséquent l'espérance d'entrevoir les rouages plus cachés qui nous feront comprendre leur mouvement.

Revenons donc à la question ; comment se fait-il que ce cœur de tortue isolé continue ainsi à battre ?

Le cœur, nous le savons, est un muscle, son battement est une contraction. Ici, il est bon de nous rappeler ce qui a été établi au commencement de la dernière lecture, au sujet des contractions et des stimulations ; car j'aurais pu enrouler sur un tube le petit muscle de grenouille que je vous ai montré, et, à l'aide d'une stimulation intermittente, je l'aurais fait battre comme un cœur.

Demandons-nous donc où est la stimulation intermittente qui agit, puis s'arrête ; dont l'action produit un battement, et dont le repos permet au cœur de s'arrêter un moment.

Pour l'observateur qui étudie les battements du cœur chez un être vivant, et qui voit l'afflux du sang dans chaque cavité être suivie régulièrement d'une contraction qui vide cette cavité et précède un moment de repos, il est naturel (poser que le sang est l'agent de stimulation cherché. E pourrions-nous dire, quand le sang touche la surfac rieure éminemment délicate et sensible de l'oreillett ventricule, le cœur sent immédiatement le contact, palpitation a lieu. A chaque battement le sang est exp stimulant disparaît, et les parois de l'organe rentrent e puis un nouvel afflux du sang détermine un nouvea ment, et ainsi de suite. Cependant nous pourrion que tout le sang qui afflue dans chaque cavité pen période de repos, est bien au-delà de ce qui est né pour une simple stimulation ; un simple contact ser suffisant. Par exemple, les quelques gouttes de sang q et viennent dans ce cœur de tortue et alentour, suffise le faire battre.

Rien que d'assez plausible dans tout cela ; mais pou ter cette explication, il me suffit d'un fait bien simple. qu'à laver le cœur de manière qu'il n'y reste plus t sang, pas même un seul globule rouge, et si je le pla un milieu convenable, il continuera encore à battre.

Mais, dira-t-on, ce n'est pas le sang en tant que sa produit la stimulation ; tout autre fluide à mouvemen mittent, qui viendra toucher le cœur, et cessera de cher, produira le même effet. Ici encore, l'expérie en contradiction avec cette manière de voir. Faisons une ligature aux gros vaisseaux du cœur, de manière liquide, ne pouvant sortir à chaque contraction, reste tact avec la surface interne des cavités du cœur ; o encore, ouvrons ces cavités avec le scalpel, de manière ne se vident plus à chaque contraction ; dans les deux battements persistent. Ce n'est donc pas dans l'entré sortie du sang ou d'un liquide quelconque qu'il faut ch le mot de l'énigme.

Je craindrais de fatiguer votre attention, si je voulais d en détail toutes les autres hypothèses de même natu l'on a mises en avant. Disons-le tout de suite hardim n'est pas dans les circonstances extérieures de la vie d qu'il faut chercher cet agent de stimulation qui paraît paraît, qui agit et cesse d'agir, et qui peut par conséque faire comprendre les mouvements intermittents du C'est quelque part dans la substance même du cœu faut chercher la cause de ses battements.

Une fois arrivés là, voici la question qui se présente la cause du battement, la source de l'action est-elle ré dans le cœur tout entier, ou fixée dans un ou plusieu tres spéciaux.

Pour répondre à cette question, prenons le cœur de nouille, qui se compose de deux oreillettes à la partie rieure, et d'un seul ventricule au-dessous. Si j'isole le oreillettes et le ventricule unique, continueront-ils en battre, ou faut-il que le cœur soit entier et intact ; une partie détachée de ce cœur peut-elle continuer pendant ques instants ses pulsations ? Des expériences faites ave et répétées à plusieurs reprises ont donné les résulta vants :

Si l'on partage le cœur transversalement de manièr parer les oreillettes du ventricule, les oreillettes contin à battre, et le ventricule aussi. Sans doute, la force et quence des battements ne seront ni aussi soutenues, ni régulières qu'auparavant. Mais chaque moitié bat disti

pendant un temps toujours considérable, et quelque-ès-long.

› cœur entier est partagé longitudinalement en moitié et moitié gauche, chaque moitié continue à battre. s oreillettes, séparées du ventricule, sont encore sépa-une de l'autre, chaque partie continue ses battements. z-les en quatre, et les quartiers battent encore ; bien partagez-les en petits morceaux, un morceau quelcon-nserve encore, jusqu'à un certain point, la faculté de régulièrement.

on coupe le ventricule dans le sens de sa longueur, l'avoir séparé des oreillettes, chaque moitié latérale ue à battre.

u contraire on partage le ventricule transversalement, itié supérieure pourra battre avec force et d'une ma-régulière, tandis que la partie inférieure ne battra pas t. Bref, si vous menez une ligne transversale très-peu sous du sommet du ventricule, presque toutes les par--dessus de cette ligne battront, tandis qu'au-dessous il ra nul battement spontané, nulle force active.

ont là des faits. Pouvons-nous les expliquer d'une façon nque? Y a-t-il dans la structure du cœur de la gre-› quelque chose qui explique pourquoi la partie infé-du ventricule ne bat pas d'elle-même, tandis que toutes res parties le font ?

nettez-moi d'appeler votre attention sur deux nerfs qui nt aboutir au cœur un peu en arrière, tout près du où les grosses veines débouchent dans les oreillettes. Ce s seuls nerfs en communication avec le cœur de la gre-. Nous pouvons les suivre le long de la cloison qui les deux oreillettes ; ils se terminent en deux points ts situés près des valvules placées entre la cavité du cule et celles des oreillettes. Rien de bien particulier, là. Tout muscle, nous le savons, a son nerf correspon-et le cœur n'est qu'un muscle complexe. Cependant fs ont quelque chose de particulier, et le voici. Si nous passer un courant intermittent par le nerf d'un muscle ire, nous déterminons dans ce muscle des contractions ı moins violentes. Mais si nous appliquons à ces nerfs ur le même courant intermittent, nous ne faisons pas cter le cœur, nous ne le faisons pas battre ; au con-nous en arrêtons les battements.

› différence de fonctions est accompagnée d'une diffé-de structure fort remarquable. Les nerfs qui corres-nt aux muscles ordinaires sont entièrement composés es nerveuses. Il est facile de suivre un de ces nerfs jus-. jonction avec les fibres musculaires ; vous pouvez voir res nerveuses séparées les unes des autres, mais vous uverez que ces fibres. Si, au contraire, vous essayez de ces nerfs du cœur, vous trouverez, au milieu des nerveuses et en rapport avec elles, certains petits orga-le nous appelons *cellules nerveuses*. Ce sont de petits de protoplasme, arrondis souvent en forme de poire ballon, dont la queue n'est généralement que la uation d'une ou de deux fibres nerveuses, généralement x.

out ce que nous savons jusqu'ici sur la physiologie du e nerveux tend à prouver que, tandis que les fibres ses ne font que conduire, transmettre ou propager les ions nerveuses, sans avoir en aucune façon le pouvoir produire, les cellules nerveuses, outre leur capacité conductrice, peuvent, par elles-mêmes et grâce à leur action moléculaire intime, ou donner naissance à des impulsions entièrement nouvelles, ou transformer celles qu'elles reçoivent de manière à les faire partir de la cellule avec un caractère tout à fait différent de celui qu'elles possédaient en y arrivant. Les nerfs composés de fibres nerveuses seulement ne peuvent jamais déterminer le mouvement d'un muscle, si ce n'est, comme nous l'avons dit au commencement de notre première lecture, lorsque ces nerfs sont eux-mêmes soumis à quelque stimulation. Les cellules nerveuses, au contraire, peuvent produire et produisent en effet la stimulation, même lorsque tout ce qui les entoure se trouve dans l'état d'équilibre le plus complet. Je me servirais ici de la comparaison que l'on a souvent répétée, en disant que le fil conducteur d'un télégraphe représente les fibres nerveuses, tandis que la pile placée à une extrémité représente les cellules nerveuses, si je ne tenais à éviter de donner un appui même involontaire à cette idée trop souvent admise, que le passage d'une impulsion nerveuse et celui d'un courant électrique sont des phénomènes essentiellement identiques.

Considérons donc les fibres nerveuses comme des instruments pour ainsi dire purement passifs, et les cellules nerveuses comme des centres actifs ; dès lors l'importance des cellules nerveuses répandues dans les nerfs du cœur de la grenouille devient évidente à tous les yeux. Nous pouvons aussi apprendre quelque chose au sujet de la position de ces cellules nerveuses du cœur. Elles se trouvent groupées autour des deux nerfs, à la jonction de ceux-ci avec le cœur. Elles accompagnent aussi les nerfs tout le long de la cloison qui sépare les oreillettes, et tantôt isolées et tantôt réunies en petits groupes que l'on appelle *ganglions*. Les deux points saillants des extrémités du nerf, dont je vous indiquais tout à l'heure la place à la partie supérieure du ventricule, sont pleins de ces cellules nerveuses. De ces points partent un grand nombre de fibres nerveuses très-fines, qui se répandent dans tout le tissu du ventricule, mais sans être accompagnées de cellules. Au-dessous de la ligne du ventricule, on ne trouve ni cellules nerveuses, ni ganglions ; au-dessus de cette ligne, dans les parois de l'oreillette, dans la cloison médiane, à la jonction des grosses veines avec l'oreillette, les cellules sont abondantes et faciles à distinguer.

Vous avez sans doute été frappés de l'accord remarquable qui existe entre cette structure particulière du cœur de la grenouille, et les résultats auxquels nous étions déjà arrivés en cherchant à localiser la faculté du battement spontané. Partout où se rencontrent des cellules nerveuses ou des ganglions, dans les oreillettes, dans une partie quelconque des oreillettes, dans le ventricule entier ou dans sa partie supérieure, le battement spontané se manifeste. Partout où manquent les ganglions, dans la partie inférieure du ventricule, et en un mot dans tout le ventricule excepté le sommet, le mouvement spontané manque aussi. Retranchez du ventricule les cellules nerveuses situées près de ses valvules, et vous lui enlevez le pouvoir de produire ou d'entretenir par lui-même un battement régulier.

Il faut donc conclure que ces ganglions sont, de façon ou d'autre, liés avec le battement spontané.

Or, dès qu'un physiologiste à la recherche de la cause cachée de quelque mouvement inexpliqué, trouve un ganglion, il crie *euréka*, et se croise généralement les bras comme s'il avait achevé son œuvre. Dans cette étude du cœur, cepen-

dant, nous pouvons nous aventurer un peu plus loin et poser cette question : de quelle manière, par quel moyen ces ganglions produisent-ils le battement spontané du cœur? Serait-ce qu'une stimulation, un mouvement se produit périodiquement dans la substance active des cellules nerveuses pour s'élancer jusqu'à la fibre musculaire comme excitation nerveuse et y déterminer des contractions? Ou bien serait-ce que la stimulation se produit dans la substance de la fibre musculaire ; ou, si vous le voulez, comme nous l'avons vu pour les cils, les fibres du cœur se trouvent-elles remplies périodiquement d'une énergie surabondante, et entrent-elles en action de leur propre mouvement et à certains intervalles réguliers, avec cette restriction toutefois qu'un certain rapport avec les cellules nerveuses est, de façon ou d'autre, nécessaire au bien-être et à l'action parfaite du muscle, pour y assurer le développement périodique d'une stimulation ou d'une surabondance d'énergie.

C'est la première hypothèse qui est le plus généralement admise par les physiologistes ; c'est celle qui semble le mieux d'accord avec nos conceptions ordinaires. Néanmoins, certains faits me portent à m'attacher de préférence à la seconde. Les deux tiers inférieurs du ventricule ne possèdent pas, je l'ai déjà dit, la faculté du battement spontané. En cela cette partie ressemble aux muscles ordinaires. Et cependant ce morceau du cœur est quelque chose de plus qu'un muscle ordinaire. En effet, si vous le soumettez au courant intermittent de la pile, il ne va pas, comme un muscle ordinaire, manifester une contraction tétanique d'une durée égale à celle de l'action du courant ; mais nous y verrons commencer un battement intermittent, d'abord un peu irrégulier peut-être, puis se régularisant, et présentant un mouvement et un arrêt alternatifs tant que dure le passage du courant. Il semble donc qu'il y ait dans ce fragment du ventricule ce qu'il n'y a pas dans un muscle ordinaire, un certain mécanisme, un appareil de battement intermittent, mécanisme exigeant néanmoins que le courant électrique vienne produire et entretenir l'action. Dans le ventricule tout entier, ou dans le cœur entier, nous pouvons admettre que le mouvement est déterminé et entretenu par les cellules nerveuses.

Quelle que soit d'ailleurs celle des deux hypothèses à laquelle nous nous arrêtions, en plaçant le siége des battements soit complétement dans les ganglions, soit en partie dans le muscle, il est évident que la cause immédiate de ce mouvement ne vient pas du dehors, mais qu'elle se trouve dans les tissus eux-mêmes, qu'elle s'identifie pour ainsi dire avec leur vie. La stimulation, si nous voulons encore nous servir de ce terme, provient de ce travail moléculaire du cœur que nous appelons sa nutrition. Il serait assez naturel de penser que certains éléments particuliers de la nutrition, certains changements physiques ou chimiques tout spéciaux pourraient être doués de cette propriété. On a dit, par exemple, que la stimulation est due à l'accumulation de composés instables, avides d'oxygène, qui sont tour à tour décomposés, oxydés, ou expulsés de quelque autre manière par l'acte de la contraction. Mais toutes les explications secondaires de ce genre se sont toujours trouvées en défaut devant des expériences conduites avec soin. Tout ce que nous pouvons dire, du moins pour le moment, c'est que le cœur s'accroît, qu'il se nourrit de façon que les mouvements des molécules qui montent et descendent l'échelle de la vie, y déterminent à certains intervalles une contraction, un battement.

Le fait sur lequel je désire appeler votre attention est donc la nature essentielle et complexe du battement du cœur. Le cœur bat de lui-même ; c'est en lui-même que se trouve le principe de son action. Nous avons pris pour exemple le cœur de la grenouille, mais la même conclusion s'appliquerait au cœur de tout autre animal.

Un autre fait non moins important, c'est que, malgré cela, ou peut-être devrions-nous dire à cause de cela même, le battement du cœur subit l'influence des agents extérieurs pour son caractère, sa forme, sa vitesse, sa force, de mille manières et à tous les degrés possibles.

Considérez ce cœur de tortue, séparé de l'animal auquel il appartenait ; il a battu et il bat encore régulièrement, quoique peu à peu la force, l'amplitude et la vitesse de ses battements diminuent, à mesure que s'épuisent les réserves de nutrition qu'il avait accumulés.

Cependant, même ainsi isolé, il peut subir différentes influences. A la manière dont il bat en ce moment, quelle que soit la régularité de ses vibrations, je puis reconnaître qu'il sent et l'élévation de la température de cette salle, et l'impureté croissante de l'air. Vous voyez ici qu'en chauffant légèrement le petit bassin où il se trouve placé, je puis sur-le-champ modifier d'une manière notable le caractère et le rhythme du battement ; ce cœur ne bat plus, il palpite. Si je l'avais refroidi au lieu d'en élever la température, j'aurais obtenu d'autres changements tout différents. Avec un courant électrique, suivant la position des électrodes, et aussi suivant la force du courant, je rendrais les battements vifs ou lents, faibles ou forts ; je pourrais même les arrêter complétement.

Ainsi, pris hors du corps, le cœur peut subir bien des influences diverses. Au dedans du corps, il est tellement sensible aux moindres changements, qu'il indique l'état de l'individu tout entier. C'est le pouls que le médecin interroge pour savoir comment va un malade. Je ne puis ici qu'indiquer rapidement quelques-unes des manières dont le cœur peut être affecté.

Il peut l'être par les nerfs. J'ai dit que, chez la grenouille, une paire de nerfs aboutit au cœur. Le cœur de l'homme en a au moins deux paires. Les excitations qui arrivent au cœur par l'une d'elles, les nerfs *pneumogastriques*, en ralentissent les battements, ou les arrêtent tout à fait. C'est ainsi, par exemple, que se produit le phénomène de l'évanouissement. Les excitations transmises par l'autre paire, les nerfs *sympathiques*, de quelque façon qu'elles se produisent d'ailleurs, ont pour résultat d'accélérer les battements. Elles font palpiter le cœur (1).

Les changements physiques agissent aussi sur le cœur : l'extension de ses parois, la distension de ses cavités suffit pour modifier le mouvement intérieur des molécules musculaires, et accélérer un battement qui, sans cela, aurait mis plus de temps à se produire. Cet effet de l'extension se voit de la manière la plus claire sur le tissu délicat d'un cœur de mollusque, comme, par exemple, celui du limaçon ordinaire. Le cœur d'une grenouille ou celui d'un mammifère se trouble et meurt bientôt par asphyxie dès que vous liez ses vaisseaux ; il n'en est pas de même de celui d'un limaçon. Chez ce dernier, si vous

(1) Voyez un article de M. Claude Bernard relatif aux recherches de MM. Cyon sur l'innervation du cœur, dans notre tome IV, page 420, 30 mai 1868.

aorte, vous ne faites que tendre les parois du cœur, et résulte un accroissement marqué dans la force et la vi- les battements. Quoique le sang qui remplit les cavités ur ne doive pas, nous l'avons vu, être regardé comme se essentielle des battements, il ne faut pas oublier que x de ce fluide peut bien être une cause supplémentaire; t surtout contribuer à déterminer la contraction du icule ou de l'oreillette au moment précis où elle est saire, c'est-à-dire quand cette cavité est pleine.

agents chimiques agissent sur les battements du cœur. e nous appelons sa nutrition comprend une multitude actions chimiques, et tout réactif étranger introduit le laboratoire y produit nécessairement les effets qui lui ropres. Pendant le passage du sang à travers les vais- capillaires dont le tissu du cœur est sillonné, la sub- de ses fibres ressent immédiatement la présence dans ng de tout corps étranger, tel que l'alcool, un poison onque ou un miasme morbifique, tout comme elle t la richesse ou la pauvreté du sang en éléments tifs, et les battements se modifient en conséquence.

s ces agents, ces causes, ces changements ont sur le une action non pas directe, comme l'est celle d'une lation transmise à un muscle ordinaire, mais indirecte, odifiant, d'une façon qui reste encore assez obscure nous, l'ordre naturel de ses changements molécu- .

m'était permis d'emprunter une comparaison aux ces mathématiques, je dirais peut-être que le batte- du cœur est une *puissance*, la $n^{ième}$ puissance de la con- on musculaire ordinaire, la valeur de n étant déter- e par l'énergie particulière avec laquelle s'accomplit la tion du cœur. L'effet de tout ce qui touche le cœur se e multiplié par l'intensité des changements du cœur ême.

là vient que cet organe est un indicateur si sensible, si et si prompt de l'état du corps; de là vient aussi que is il ne se fatigue. Permettez-moi de vous rappeler le il que le cœur accomplit chaque jour. La somme du tra- qu'un homme accomplit en vingt-quatre heures, toute ction sur le monde extérieur peut être représentée par ce nécessaire pour soulever une tonne (1016 kilogr.) à uteur de 350 pieds (106 mètres). C'est là, on le voit, une e journée de travail. Dans le même espace de temps, le il du cœur pourrait soulever ce même poids d'une tonne e hauteur de 120 pieds (36 mètres); tel est l'effet que obtiendrait si toutes les pulsations d'un jour et d'une pouvaient être réunies et concentrées en une grande tion. Et cependant le cœur n'est jamais fatigué. Plus parmi nous le devient après un travail bien faible; bien peuvent tenir un tisonnier quelques minutes à bras tendu le laisser retomber. Mais un cœur sain, et même plus cœur malade, quoique quelquefois le soir ses battements quent qu'il a souffert pendant la journée, et que les acci- s et les ennuis de la vie ont troublé l'équilibre de ses ions, ce cœur, dis-je, continue à battre toute la nuit ant notre sommeil, et le matin, au réveil, nous le trou- encore à l'œuvre, aussi frais que s'il ne faisait que de nencer à battre. S'il le peut, c'est qu'à chaque coup qu'il e succède une période de repos, repos court, il est vrai, réel; c'est que le coup qui vient ensuite n'est que la naturelle de ce repos, et y correspond exactement; c'est qu'au fond la force, l'amplitude, tous les caractères, en un mot, de chaque battement, ne sont que l'expression pure et simple de l'énergie propre et de l'état du cœur.

Ainsi, nous retrouvons dans le cœur ce que nous avions déjà trouvé dans la cellule ciliée et dans le corpuscule de protoplasme, un organe doué de mouvement spontané, possédant en lui-même la source de son action, laquelle résulte de ses propres changements moléculaires intérieurs.

De même que les mouvements des cils, ceux du cœur ont un but spécial, qui est, pour ce dernier, la transmission du sang dans tout le corps. Mais, à la différence de celui des cils, ce but du cœur est singulièrement complexe. Le cœur doit s'adapter à toutes les différentes manières d'être de toutes les parties du corps auquel il appartient, et, par suite, il est, bien plus que les cils, soumis à des influences sans nombre du dedans et du dehors.

Et cependant le cœur est un muscle; il a, comme tout autre muscle, une structure musculaire bien définie. Son action lui assigne une place intermédiaire entre celle du protoplasme et celle des autres muscles. Les ondes de ses contractions parcourent ses fibres dans un sens seulement. Il a perdu les mouvements en tous sens qui appartiennent au protoplasme. Mais, à la différence des muscles ordinaires, il conserve l'action spontanée du protoplasme. Certaines particularités de structure que nous pouvons remarquer s'accordent parfaitement avec ce mode d'action. Quoiqu'il soit formé de fibres striées, ces fibres sont plus celluleuses que celles des muscles ordinaires; les stries y sont moins bien marquées, et même souvent très-peu distinctes; l'enveloppe flexible et élastique des fibres que l'on appelle *sarcolemme*, manque complétement; la substance de la fibre est souvent granuleuse. En réalité, à bien des égards, le tissu musculaire du cœur comparé au tissu musculaire ordinaire, conserve encore un grand nombre de ses traits protoplasmiques primitifs.

L'unité essentielle du battement régulier du cœur et des mouvements amébiens du protoplasme est pleinement démontrée par l'histoire du cœur au moment de la naissance. Dans le cas du poulet encore contenu dans l'œuf, le cœur commence à battre de très-bonne heure, quand il n'est encore formé que de cellules protoplasmiques. Plusieurs auteurs, trop jaloux, à mon avis, des prérogatives des cellules nerveuses, se sont plus à affirmer que les cellules dont se compose ce cœur naissant, quoique de même structure en apparence, diffèrent en réalité, et sont virtuellement les unes des cellules nerveuses et les autres des cellules musculaires. A nos yeux, chacune de ces cellules est, virtuellement et en réalité, à la fois nerveuse et musculaire. Tant qu'elle est à l'état de cellule, c'est-à-dire de petite masse de protoplasme qui n'a pas encore subi de transformation, chacune d'elles possède toutes les propriétés vitales. Ce qu'elles subissent ensuite n'est pas un gain, mais une limitation et une perte. Certaines cellules perdent la faculté de se mouvoir, et deviennent ainsi des cellules nerveuses; d'autres perdent, en grande partie du moins, la faculté d'imprimer le mouvement, et deviennent ainsi musculaires.

C'est une étude pleine d'intérêt que de suivre les mouvements lents, irréguliers et traînants du protoplasme primitif, pour les voir se transformer peu à peu et se condenser pour devenir le battement vif et bref du cœur. Nous disons, pour nous servir du langage ordinaire, que le cœur du poulet commence à battre le second ou le troisième jour de l'incuba-

tion; c'est en effet alors que son mouvement est pour nos sens un battement bien perceptible. Mais, en réalité, il ne *commence* pas à battre. Il n'existe pas de ligne de démarcation bien définie entre le mouvement indécis du protoplasme et la véritable contraction régulière; l'un se transforme peu à peu en l'autre. En empruntant une comparaison à la musique, voici comment on pourrait assez naturellement s'imaginer que les choses se passent. On pourrait supposer les petites cellules disposées et placées autour de la cavité du cœur, comme les musiciens le sont dans un orchestre, toutes armées de la faculté du battement régulier, mais encore immobiles et sans action : soudain, au coup de baguette du grand chef, chaque cellule semblerait s'animer, et toutes vibrant à l'unisson produiraient le premier battement du cœur. Voilà, dis-je, comment on pourrait s'imaginer que se produit le premier battement; mais il n'en est pas ainsi. Si nous voulons une image plus fidèle de ce qui se passe, imaginons que nous écoutions attentivement et de très-loin une multitude d'exécutants qui se réunissent; tous jouent du même instrument, mais d'une manière différente, quoique tous s'efforcent d'apprendre le même air; en même temps ils s'avancent tous peu à peu vers nous. Tandis que, l'oreille tendue, nous écoutons ces musiciens qui s'approchent, et qu'à chaque instant augmente le nombre de ceux qui ont saisi l'air qu'il s'agit de jouer, le son, discordant d'abord, gagne peu à peu en intensité et en harmonie aussi, de sorte qu'arrive enfin un moment où nous nous écrions : « Maintenant je les entends ! ils ont saisi l'air ! » Il en est de même du cœur naissant. En l'examinant attentivement au microscope, nous pouvons nous imaginer que nous voyons les cellules, à mesure qu'elles se réunissent, passer insensiblement des ondulations en tous sens du protoplasme au mouvement défini d'une contraction musculaire, gagnant ainsi en force ce qu'elles perdent sous le rapport de la forme. Et alors viendra un moment où nous dirons : « A présent je le vois battre; » quoique en réalité il batte déjà depuis longtemps.

Et maintenant, permettez-moi de vous faire faire un pas en avant. Tout l'appareil du battement spontané du cœur se trouve contenu dans le cœur lui-même. Mais ceci n'est vrai que du cœur sanguin. La grenouille n'a pas qu'un seul cœur; outre le cœur sanguin, qui est unique, elle a deux couples de cœurs que l'on appelle cœurs lymphatiques : l'un de ces couples se trouve placé à la jonction des membres supérieurs avec le tronc, et l'autre à celle des membres inférieurs. Chaque cœur lymphatique est un petit sac musculaire délicat et transparent, à peu près de la grosseur d'un grain de moutarde; il a un battement régulier, qui sert à faire circuler la lymphe de l'animal.

Sous le rapport de cette faculté de battre régulièrement, les cœurs lymphatiques ressemblent au cœur sanguin; mais ils en diffèrent à beaucoup d'autres égards.

Par exemple, si vous séparez du corps un de ces cœurs, il ne continue pas à battre comme le cœur sanguin; il perd pour toujours cette faculté. Autant que nous pouvons en juger, son tissu ne contient ni ganglions ni cellules nerveuses; il n'a donc en lui-même aucune puissance active et capable de déterminer son propre mouvement. C'est donc du dehors qu'il doit recevoir l'impulsion.

En examinant bien, nous trouvons un petit nerf qui aboutit à chaque cœur lymphatique; l'autre extrémité de ces nerfs va *jusqu'à la moelle* épinière. Ainsi, les cœurs lymphatiques des membres postérieurs se rattachent par deux de ces n l'extrémité de la moelle épinière.

L'expérience nous apprend qu'en coupant l'un ou de ces nerfs nous arrêtons le cœur lymphatique du même côté, et que, si nous détruisons ou que nous att l'extrémité de la moelle épinière, nous arrêtons le cœurs à la fois. Je dois empiéter ici sur ce qui fera le ma prochaine conférence, et dire que dans la moelle ne se trouvent pas seulement des fibres nerveuses, ma des cellules nerveuses, d'une forme un peu différ celles des ganglions, mais d'une structure qui est au même. Ce n'est pas un travail facile, nous le verron chercher la communication qui existe entre ces cell veuses de la moelle épinière et les fibres nerveuses q nent aboutir à cette moelle. Néanmoins, nous pouvo pour assuré que toutes ces cellules sont en rapport fibres; nous avons même de fortes raisons de penser taines cellules nerveuses de la partie inférieure de l épinière de la grenouille, nous ne pouvons dire au ju bien, se rattachent spécialement aux petits nerfs d lymphatiques, et sont peut-être réservées pour leur

En un mot, voici la grande différence qui existe mécanisme des cœurs lymphatiques et celui du cœ guin; c'est que, dans le cœur sanguin, la partie ner l'appareil, cellules et fibres nerveuses, se trouve e dans le tissu même du cœur, tandis que, dans l lymphatiques, les cellules nerveuses sont à une cert tance des sacs musculaires, et se trouvent dans l épinière, ce qui exige une plus grande longueur de f veuse pour faire communiquer la cellule nerveuse q mande et la fibre musculaire qui obéit. Pour tout l l'action est très-probablement à peu près la même permis de croire que l'action moléculaire de ces cell veuses spéciales donne naissance à des impulsions ré qui, suivant les nerfs dont j'ai parlé, font contracter l musculaires du cœur lymphatique, et déterminent battement régulier. Ici, permettez-moi d'appeler vot tion sur un fait remarquable dont nous verrons pl exemple dans la prochaine conférence; c'est que, nombreuses que soient dans la moelle épinière les fib cellules nerveuses, tout près l'une de l'autre, et mên les apparences, en contact les unes avec les autres, que dans les cellules nerveuses appartenant spécialem cœur lymphatique que l'excitation intermittente pre sance; de plus, entre tous les chemins qui semblent ouverts, l'excitation ne suit que ceux qui aboutiss cœurs lymphatiques, et, sans dévier à droite ou à gauc arrive au but comme si elle avait choisi son chemin tact et une délicatesse admirables.

En parlant de l'excitation transmise aux cœurs ly ques, j'ai dit qu'elle se produit régulièrement dans lules nerveuses de la moelle épinière. Mais, de même avait incertitude quand il s'agissait de distinguer cœur sanguin la part exacte du travail total qui échoit lule nerveuse, et celle qui revient à la fibre muscula même aussi les faits se présentent pour les cœurs ly ques. Il est vrai qu'en détruisant l'extrémité de la épinière, ou en coupant les nerfs, on arrête sur-le-c battement des cœurs lymphatiques; et l'on peut des heures entières sans le voir reparaître. Cependa affirmé que le battement se reproduit enfin, mais se

it de plusieurs jours, et cela, sans que les nerfs intermé- ou les cellules nerveuses centrales aient reparu. S'il ainsi, cela semblerait indiquer qu'ici encore, comme vons dit que cela était possible pour le cœur sanguin, nce des cellules nerveuses ne consiste pas dans les ions intermittentes, mais dans une certaine action ie qui permet à la fibre musculaire de manifester sa par des contractions intermittentes spontanées.

:œurs sanguins et les cœurs lymphatiques ne sont que ties du système vasculaire général. Les artères aussi, e en général elles n'aient pas de battements actifs, puis- pouls n'est que le battement du cœur qui se propage de leurs parois élastiques, les artères ont cependant es-mêmes la faculté de s'étendre et de se contracter. en attentif d'une artère, et surtout celui d'une arté- ious montre que ses parois sont formées d'un grand de fibres musculaires disposées en anneaux sur toute ngueur. En se contractant, ces muscles diminuent irement la section du tube artériel; en se relâchant, largissent.

les circonstances ordinaires, ces muscles des vaisseaux ne complétement contractés ni tout à fait lâches; ils sont état de tension modéré. Nous indiquons cet état par de *ton*. Lorsque le cœur bat d'une manière soutenue une force donnée, les artères dans cet état de demi- ne laissent passer qu'une certaine quantité de sang. ères du visage, par exemple, quand leur *ton* est nor- nnent passage à une certaine quantité de sang, et le de cette quantité de sang communique au visage son dinaire. Dans certaines circonstances, les muscles des faciales entrent complétement en action et sont dans de spasme; le calibre des vaisseaux se rétrécit, et, quoi- cœur batte toujours avec la même force et la même ice, il passe bien moins de sang par les vaisseaux de la est alors qu'on pâlit. Dans d'autres circonstances, les muscles sont paralysés et se relâchent, la souplesse ois artérielles oppose moins de résistance à l'afflux du calibre des artères s'accroît d'une façon notable, le y précipite en abondance, le réseau capillaire de la remplit de corpuscules rouges, et nous disons que le se couvre de rougeur.

el mécanisme sont dus ces résultats? Prenons pour e les artères de la face. Les muscles des artères fa- comme tous les autres muscles, sont pourvus de nerfs. ant des artères, nous pouvons suivre ces nerfs le long jusqu'à certaines réunions de cellules nerveuses ou ns; des ganglions portent d'autres nerfs qui vont re- la moelle épinière. Les nerfs qui sont ainsi en rapport s vaisseaux sanguins font partie de ce que l'on appelle *ème sympathique*, et leur structure présente certains articuliers. Les ganglions auxquels ils aboutissent por- ssi le nom de ganglions sympathiques. Quelques phy- tes pensent que ces ganglions sympathiques sont les principaux de la contraction et du relâchement des . D'autres physiologistes les regardent moins comme itres, que comme des stations sur la route qui mène à lle épinière. Par exemple, les artères de la face sem- tre particulièrement en rapport avec une certaine le la moelle épinière située entre les épaules; c'est à ès l'endroit où la pratique vulgaire, devançant les ré- physiologiques, nous apprend à mettre un corps froid, une clef par exemple, pour arrêter un saignement de nez.

Nous pouvons imaginer que, dans certaines cellules nerveu- ses de cette partie de la moelle épinière, ou, suivant l'autre hypothèse, dans les cellules nerveuses des ganglions sympa- thiques correspondants, s'accomplit sans cesse un certain travail, sous la forme non d'impulsions intermittentes, mais plutôt d'une influence douce et continue; nous pouvons penser que cette influence se transmet par le nerf sympathique aux muscles des artères faciales, y détermine une contraction modérée et en maintient ainsi le ton.

Nous pouvons imaginer aussi que d'autres impulsions qui ont pris naissance en des points éloignés du système nerveux, peut-être dans le cerveau, par suite de quelque émotion, ou bien en d'autres points et par d'autres causes, suivent la moelle épinière; arrivant tout à coup aux cellules nerveuses toniques occupées à leur travail doux et continu, elles inter- rompent ce travail, tout comme nous avons vu des impulsions qui suivaient le nerf pneumogastrique arrêter le travail des cellules ganglionnaires du cœur et le rendre immobile. Dans ce cas, les parois musculaires des artères faciales, sous- traites à l'influence qui leur donne le ton, se relâchent; de là la rougeur involontaire qui est à la fois le résultat et la preuve de cette perturbation. Dans d'autres circonstances, des impulsions de nature différente, peut-être d'un caractère plus doux, et qui ont très-probablement suivi une autre voie, arrivent aux mêmes cellules toniques, mais, au lieu d'en arrêter l'action, l'accélèrent et l'accroissent, tout comme nous avons vu les excitations qui se dirigent vers le cœur en suivant d'autres nerfs que le pneumogastrique, accélérer ses battements au lieu de les ralentir. Les muscles artériels, obéissant à un appel devenu plus énergique, doivent alors se contracter avec plus de force: le calibre des vaisseaux dimi- nue, livre passage à moins de sang, et le saignement de nez cesse aussitôt.

Peut-être alors vous demanderez-vous comment il se fait que les muscles artériels ainsi maintenus dans un état de tension continuelle, ne finissent point par se fatiguer et se dé- tendre. On peut proposer deux explications de ce fait. D'abord nous pouvons admettre que, de même que la nutrition du cœur est calculée de façon que ses battements réguliers se soutiennent sans fatigue, de même aussi la nutrition de ses muscles artériels est exactement proportionnée aux besoins que développe leur travail incessant. Dans ce cas cependant, nous aurions à supposer en outre que les muscles se contrac- tent d'eux-mêmes, et que l'influence continue qu'exerce la moelle épinière n'a pas le caractère d'une stimulation, mais plutôt qu'elle est analogue à ce que nous avons supposé déjà pour l'influence accélératrice des cellules nerveuses du cœur.

Pour la seconde explication, il faut admettre que, tandis que l'effet d'un groupe quelconque de muscles artériels est parfaitement continu, celui de chaque fibre musculaire ne l'est pas. Nous pouvons supposer que chaque fibre se con- tracte et se relâche tour à tour, qu'elle a des alternatives d'action et de repos, mais que, pendant sa période de repos, les fibres voisines travaillent activement, pour se reposer ensuite quand la première se remettra à l'œuvre. De cette manière, la tension continue serait en réalité composée de pulsations insaisissables, et l'influence du centre nerveux se- rait au fond intermittente au lieu d'être continue.

La conclusion est toujours la même quelle que soit l'explica-

au bout de plusieurs jours, et cela, sans que les nerfs intermédiaires ou les cellules nerveuses centrales aient reparu. S'il en est ainsi, cela semblerait indiquer qu'ici encore, comme nous avons dit que cela était possible pour le cœur sanguin, l'influence des cellules nerveuses ne consiste pas dans les excitations intermittentes, mais dans une certaine action continue qui permet à la fibre musculaire de manifester sa vitalité par des contractions intermittentes spontanées.

Les cœurs sanguins et les cœurs lymphatiques ne sont que des parties du système vasculaire général. Les artères aussi, quoique en général elles n'aient pas de battements actifs, puisque le pouls n'est que le battement du cœur qui se propage le long de leurs parois élastiques, les artères ont cependant par elles-mêmes la faculté de s'étendre et de se contracter. L'examen attentif d'une artère, et surtout celui d'une artériole, nous montre que ses parois sont formées d'un grand nombre de fibres musculaires disposées en anneaux sur toute leur longueur. En se contractant, ces muscles diminuent nécessairement la section du tube artériel; en se relâchant, elles l'élargissent.

Dans les circonstances ordinaires, ces muscles des vaisseaux ne sont ni complétement contractés ni tout à fait lâches; ils sont dans un état de tension modéré. Nous indiquons cet état par le mot de *ton*. Lorsque le cœur bat d'une manière soutenue et avec une force donnée, les artères dans cet état de demi-tension ne laissent passer qu'une certaine quantité de sang. Les artères du visage, par exemple, quand leur *ton* est normal, donnent passage à une certaine quantité de sang, et le passage de cette quantité de sang communique au visage son teint ordinaire. Dans certaines circonstances, les muscles des artères faciales entrent complétement en action et sont dans un état de spasme; le calibre des vaisseaux se rétrécit, et, quoique le cœur batte toujours avec la même force et la même fréquence, il passe bien moins de sang par les vaisseaux de la face : c'est alors qu'on pâlit. Dans d'autres circonstances, les mêmes muscles sont paralysés et se relâchent, la souplesse des parois artérielles oppose moins de résistance à l'afflux du sang, le calibre des artères s'accroît d'une façon notable, le sang s'y précipite en abondance, le réseau capillaire de la peau se remplit de corpuscules rouges, et nous disons que le visage se couvre de rougeur.

A quel mécanisme sont dus ces résultats? Prenons pour exemple les artères de la face. Les muscles des artères faciales, comme tous les autres muscles, sont pourvus de nerfs. En parlant des artères, nous pouvons suivre ces nerfs le long du cou jusqu'à certaines réunions de cellules nerveuses ou ganglions; des ganglions portent d'autres nerfs qui vont rejoindre la moelle épinière. Les nerfs qui sont ainsi en rapport avec les vaisseaux sanguins font partie de ce que l'on appelle le *système sympathique*, et leur structure présente certains traits particuliers. Les ganglions auxquels ils aboutissent portent aussi le nom de ganglions sympathiques. Quelques physiologistes pensent que ces ganglions sympathiques sont les agents principaux de la contraction et du relâchement des artères. D'autres physiologistes les regardent moins comme des centres, que comme des stations sur la route qui mène à la moelle épinière. Par exemple, les artères de la face semblent être particulièrement en rapport avec une certaine partie de la moelle épinière située entre les épaules; c'est à peu près l'endroit où la pratique vulgaire, devançant les résultats physiologiques, nous apprend à mettre un corps froid, une clef par exemple, pour arrêter un saignement de nez.

Nous pouvons imaginer que, dans certaines cellules nerveuses de cette partie de la moelle épinière, ou, suivant l'autre hypothèse, dans les cellules nerveuses des ganglions sympathiques correspondants, s'accomplit sans cesse un certain travail, sous la forme non d'impulsions intermittentes, mais plutôt d'une influence douce et continue; nous pouvons penser que cette influence se transmet par le nerf sympathique aux muscles des artères faciales, y détermine une contraction modérée et en maintient ainsi le ton.

Nous pouvons imaginer aussi que d'autres impulsions qui ont pris naissance en des points éloignés du système nerveux, peut-être dans le cerveau, par suite de quelque émotion, ou bien en d'autres points et par d'autres causes, suivent la moelle épinière; arrivant tout à coup aux cellules nerveuses toniques occupées à leur travail doux et continu, elles interrompent ce travail, tout comme nous avons vu des impulsions qui suivaient le nerf pneumogastrique arrêter le travail des cellules ganglionnaires du cœur et le rendre immobile. Dans ce cas, les parois musculaires des artères faciales, soustraites à l'influence qui leur donne le ton, se relâchent; de là la rougeur involontaire qui est à la fois le résultat et la preuve de cette perturbation. Dans d'autres circonstances, des impulsions de nature différente, peut-être d'un caractère plus doux, et qui ont très-probablement suivi une autre voie, arrivent aux mêmes cellules toniques, mais, au lieu d'en arrêter l'action, l'accélèrent et l'accroissent, tout comme nous avons vu les excitations qui se dirigent vers le cœur en suivant d'autres nerfs que le pneumogastrique, accélérer ses battements au lieu de les ralentir. Les muscles artériels, obéissant à un appel devenu plus énergique, doivent alors se contracter avec plus de force: le calibre des vaisseaux diminue, livre passage à moins de sang, et le saignement de nez cesse aussitôt.

Peut-être alors vous demanderez-vous comment il se fait que les muscles artériels ainsi maintenus dans un état de tension continuelle, ne finissent point par se fatiguer et se détendre. On peut proposer deux explications de ce fait. D'abord nous pouvons admettre que, de même que la nutrition du cœur est calculée de façon que ses battements réguliers se soutiennent sans fatigue, de même aussi la nutrition de ses muscles artériels est exactement proportionnée aux besoins que développe leur travail incessant. Dans ce cas cependant, nous aurions à supposer en outre que les muscles se contractent d'eux-mêmes, et que l'influence continue qu'exerce la moelle épinière n'a pas le caractère d'une stimulation, mais plutôt qu'elle est analogue à ce que nous avons supposé déjà pour l'influence accélératrice des cellules nerveuses du cœur.

Pour la seconde explication, il faut admettre que, tandis que l'effet d'un groupe quelconque de muscles artériels est parfaitement continu, celui de chaque fibre musculaire ne l'est pas. Nous pouvons supposer que chaque fibre se contracte et se relâche tour à tour, qu'elle a des alternatives d'action et de repos, mais que, pendant sa période de repos, les fibres voisines travaillent activement, pour se reposer ensuite quand la première se remettra à l'œuvre. De cette manière, la tension continue serait en réalité composée de pulsations insaisissables, et l'influence du centre nerveux serait au fond intermittente au lieu d'être continue.

La conclusion est toujours la même quelle que soit l'explica-

tion adoptée, et aussi à quelque hypothèse que nous nous arrêtions au sujet de la position du centre tonique, soit que nous le placions dans la moelle épinière, ou dans les ganglions sympathiques qui obéissent à la moelle épinière, sans oublier non plus que, non-seulement les artères faciales, mais toutes les artères du corps ont leurs centres toniques, soit en différents points de la moelle épinière, soit dans différents ganglions sympathiques. Dans tous les cas, nous avons le même ordre de choses que nous avions déjà vu dans les cils, dans le protoplasme et dans le cœur de la circulation sanguine, comme dans ceux de la circulation lymphatique.

Dans tous les cas, nous avons un certain mécanisme, une certaine portion de matière vitale, soit sous forme de protoplasme vierge, soit encore modifiée et subdivisée à l'état de fibre musculaire, de fibre nerveuse et enfin de cellule nerveuse. Nous reconnaissons que ce mécanisme, cette partie de substance vivante est le siége d'un mouvement spontané tout à fait indépendant de notre volonté ; mouvement lent ou vif, régulier ou irrégulier, continu ou intermittent ; mouvement de la cause duquel nous pouvons dire seulement que c'est le résultat naturel des mouvements moléculaires qui constituent la nutrition des tissus, et qu'il fait partie de leur vie même. Nous constatons de plus que ces mouvements spontanés, indices de l'existence d'une volonté dans notre volonté, quoique ayant toujours leur siége dans les bases même de la vie des appareils qui les produisent, changent néanmoins et se modifient, s'élèvent et s'abaissent, augmentent et décroissent sous l'empire d'influences qui viennent des autres parties du corps auquel ils appartiennent, ou même du monde extérieur. Enfin, quand ces mouvements s'accomplissent sans perturbation, et peut-être plus encore dans les variations accidentelles qui se présentent, nous reconnaissons un but clairement indiqué, et la preuve évidente que des moyens délicats et parfaitement proportionnés ont été préparés pour y arriver.

Comme preuve de ce dernier point, permettez-moi d'appeler un instant votre attention sur une disposition fort remarquable d'une partie du système tonique général découverte tout récemment. Plus les artères sont étroites, plus elles résistent au passage du sang, et plus est grand le travail imposé au cœur pour lancer à la même distance la même quantité de sang. Je vous ai parlé plusieurs fois d'impulsions qui arrivent au cœur, mais il y a aussi des impulsions qui partent du cœur. Au moyen d'un certain nerf très-ténu, du moins chez certains animaux, quelques-unes de ces impulsions venues du cœur se relient aux principaux centres toniques du corps, de telle façon que, toutes les fois que, par un motif quelconque, le cœur se trouve chargé d'un travail trop grand à cause de la résistance des vaisseaux sanguins trop rétrécis, ces impulsions du cœur, paralysant les centres toniques, ouvrent les digues qui arrêtaient le cours du sang, et soulagent ainsi le cœur d'une partie de son travail.

Ce sont les appareils compliqués et délicats de cette espèce, et d'autres encore, qui feront le sujet de notre prochaine conférence.

MICHAEL FOSTER,
Professeur de physiologie à l'*Institution royale* et à *University-College*.

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE METZ

M. CHEVRIER

L'unité des forces physiques dans la nature (1)

Il y a deux manières bien différentes d'envisager l'étude des sciences physiques. On peut les considérer par leur côté pratique, industriel, immédiatement applicable, ou bien par leur côté scientifique, théorique et purement spéculatif.

C'est à ce dernier point de vue que nous nous placerons aujourd'hui, si vous le voulez bien, sans avoir besoin d'ailleurs de discuter longuement notre choix.

Depuis soixante ans, répète-t-on partout, les sciences ont rempli le monde de leurs merveilles. Mais si ces grandes conquêtes, comme la navigation à vapeur, la télégraphie électrique, l'éclairage au gaz, l'éclairage électrique, la photographie, nous frappent tous d'admiration, si elles constituent l'un des titres de gloire de notre temps, il ne faut pas oublier qu'elles ne sont que des applications de vérités abstraites que leurs auteurs cherchaient seulement pour les connaître et en dehors de toute préoccupation utilitaire.

D'ailleurs, il est juste d'ajouter que si les belles applications des sciences nous séduisent et nous entraînent, jamais l'intelligence de l'homme ne s'est montrée aussi avide de connaître les lois des grands phénomènes de la nature et leurs causes. Qu'est-ce que le soleil, la terre? Que signifient le tonnerre, les éclairs, la pluie, les vents? Qu'est-ce que la chaleur, la lumière, l'électricité, l'attraction universelle qui régit les mouvements des astres; la cohésion, l'affinité chimique qui président aux transformations de la matière.

Toutes ces questions, et bien d'autres encore, se sont présentées aux hommes des premiers âges, et peu à peu il est devenu manifeste que ce désir de connaître n'était pas une vaine et impuissante curiosité; après bien des essais, des tentatives souvent renouvelées, on est arrivé à cette conviction, que de telles questions ne sont pas absolument au-dessus de l'intelligence humaine; que l'homme peut, dans une certaine mesure, pénétrer le secret de l'univers; que ses fonctions mentales ne sont pas exclusivement bornées aux perceptions des cinq sens; que les choses visibles du monde matériel sont commandées, dans leurs actions, par des choses invisibles; qu'en un mot, au delà des phénomènes qui frappent nos sens, il y a des lois, des principes, des faits, qui s'adressent uniquement à l'esprit et que l'esprit seul peut discerner.

Depuis soixante ans, le génie des découvertes a accumulé d'innombrables matériaux; mais la science qui consiste à les coordonner ne date que d'une trentaine d'années. C'est que l'on se préoccupait moins des causes premières que des résultats; on avait moins en vue le *pourquoi* que le *comment* des choses. Il est cependant plus difficile qu'on ne croit de séparer le fait de l'idée; et, en étudiant de plus près les grandes lois physiques, on est arrivé à cette conviction que les agents naturels ne sont pas aussi nombreux ni aussi différents qu'on l'avait cru d'abord.

Si, par exemple, les phénomènes de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, nous apparaissent sous des aspects si

(1) Voyez notre tome V, page 649, notre tome IV, pages 151, 435, 773, notre tome III, pages 193, 809 et 830, etc.

différents qu'on les a longtemps attribués à des causes étrangères les unes aux autres, cette conception d'agents spécifiques et hétérogènes n'avait qu'une seule raison : c'est que la perception de ces divers ordres de phénomènes s'opère en général par des organes différents, et qu'en s'adressant plus spécialement à chacun de nos sens, ils excitent des sensations spéciales.

Les différences dans les causes apparentes des phénomènes se rattachent donc moins à la nature des agents physiques qui les produisent qu'aux fonctions de l'instrument physiologique chargé de percevoir les sensations.

Ainsi les filets nerveux qui s'épanouissent au fond de l'œil sont merveilleusement organisés pour percevoir les sensations dites lumineuses et tout à fait impropres à en percevoir d'autres ; de là l'habitude d'attribuer la lumière à une cause spéciale qu'on appela le fluide lumineux. Il en est de même pour la chaleur ; elle affecte particulièrement les nerfs qui se ramifient à la surface du corps : on distingue facilement ce phénomène des autres, et on l'attribue à une cause distincte, un fluide calorifique. L'électricité, si apte à produire des commotions, c'est-à-dire à exciter les nerfs des articulations, fut de même attribuée à un fluide électrique. En un mot, chaque groupe de phénomènes produisant des impressions différentes, fut attribué à des causes différentes.

Mais parce qu'il y a dissemblance apparente dans les effets, est-ce à dire qu'il y ait dissemblance réelle dans les causes ? Évidemment non. A mesure qu'on a mieux étudié la gravitation, la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, l'affinité chimique, et qu'on a mieux connu les lois spéciales de chacun de ces agents ou de ces phénomènes, on a distingué plus nettement leurs relations nécessaires.

On a reconnu pour plusieurs d'entre eux qu'ils s'engendrent les uns des autres suivant des règles précises, et l'on a été conduit à étendre et à généraliser ce principe.

L'étude de la chaleur a été le point de départ de cette grande évolution scientifique.

De toutes parts, sous nos yeux, la chaleur se convertit en mouvement, en travail mécanique, et le travail en chaleur. C'est la chaleur dégagée par le foyer d'une machine à vapeur qui imprime au piston son mouvement de va-et-vient, lequel produit le mouvement de rotation de l'arbre. La vapeur d'eau n'est pour ainsi dire qu'un intermédiaire. Si l'on fait tourner une roue à ailettes dans une masse d'eau, l'eau s'échauffe ; si l'on frotte deux morceaux de glace l'un contre l'autre, la glace fond ; on s'est longtemps procuré et l'on se procure encore du feu en battant le briquet, c'est-à-dire en frottant l'un contre l'autre deux corps durs. L'ingénieux appareil imaginé par M. Tyndall est parfaitement propre à mettre en évidence la chaleur produite par le frottement.

Il y a plus, une même quantité de chaleur produit toujours la même somme de travail, et à un même travail consommé correspond toujours la même quantité de chaleur créée.

Je prends un poids de 425 kilogrammes, je le laisse tomber d'une hauteur d'un mètre, sur une enclume par exemple ; le choc l'arrête brusquement, mais son mouvement n'est pas détruit dans le sens absolu du mot, il est simplement transformé et nous apparaît maintenant sous forme de chaleur. L'enclume et le poids se sont échauffés, et la chaleur développée, si elle était exactement recueillie, serait juste capable d'échauffer d'un degré un kilogramme d'eau. C'est ce qu'on nomme une unité de chaleur ou une calorie. L'unité de chaleur correspond à 425 kilogrammètres.

Réciproquement, quand une machine à feu produit du travail, élève, par exemple, un poids de 425 kilogrammes à un mètre de hauteur, la chaleur qui est consommée pour effectuer ce travail est exactement la même que celle qui est nécessaire pour échauffer d'un degré un kilogramme d'eau. Chaque unité de travail correspond donc aussi à une fraction constante d'unité de chaleur.

Le jour où cette notion, l'une des plus importantes conquêtes de la physique moderne, a été introduite dans la science, toutes les parties de la physique se sont trouvées en quelque sorte renouvelées. Beaucoup de questions ont été directement éclairées par la théorie nouvelle ; sur beaucoup d'autres, elle a fourni des aperçus lumineux, suscité des recherches utiles, et de ce mouvement d'idées est sortie une conception nouvelle de la nature, qui s'impose maintenant à beaucoup d'esprits.

Cette nouvelle manière d'envisager les phénomènes naturels se désigne sous une formule générale : *l'unité des forces physiques*. Dans cet ordre d'idées, toutes les forces de la nature se ramènent au même principe, *le mouvement*, et se transforment l'une dans l'autre suivant des règles fixes qui ne sont autres que les lois de la mécanique.

Si cette hypothèse grandiose pouvait paraître téméraire à quelques-uns, chimérique aux yeux de quelques autres, inutile à beaucoup, je dirai, pour concilier autant que possible toutes les opinions, qu'elle n'est nullement le fruit de l'imagination, qu'elle n'est non plus ni l'œuvre d'un jour, ni la conquête d'une révolution : c'est le fruit d'un progrès lent et continu, c'est l'œuvre du temps et de l'expérience. Et si les voies nouvelles ne sont pas toutes aplanies, du moins la grandeur du résultat nous permet de jeter un coup d'œil sur la distance parcourue, et de marquer avec assurance le point culminant que la science vient d'atteindre.

Lorsqu'on examine attentivement l'univers dans son ensemble comme dans ses détails, on y trouve deux choses : la matière et le mouvement. La matière, formée de particules extrêmement petites, indivisibles, appelées atomes, et qui en se juxtaposant forment les corps ; le mouvement, qui les anime tous et produit les phénomènes variés dont nous sommes témoins.

L'atome et le mouvement, voilà le monde physique. Or, c'est un fait maintenant incontesté que la matière est dans l'univers en quantité immuable, il ne s'en crée pas, il ne s'en détruit pas ; tout se réduit à des transformations.

Mais quelles sont les propriétés de la matière ? L'impénétrabilité d'abord, c'est-à-dire la propriété qu'a un corps d'occuper une place dans l'espace à l'exclusion de tout autre ; l'inertie ensuite : la matière n'entre en mouvement que lorsqu'elle est poussée, et ne perd son mouvement qu'en le communiquant. On peut donc dire du mouvement ce que nous disions de la matière : il ne s'en crée pas, il ne s'en détruit pas, la quantité en est invariable. Pour le mouvement comme pour la matière, il n'y a que des transformations ; et ce que nous appelons *force* dans le langage mécanique n'est autre chose que du mouvement, c'est ce qui fait qu'un mouvement se transforme en un autre mouvement.

Ainsi, toutes les fois qu'un mouvement apparaît, c'est qu'un autre mouvement a disparu ; la cause d'un mouvement est un autre mouvement.

Si nous considérons maintenant les phénomènes physiques qui tombent sous nos sens, — la chaleur, la lumière, l'électricité, — l'expérience nous montre que ce sont des formes particulières de mouvements : le fait est au moins démontré d'une manière irrévocable pour la lumière et la chaleur. Il n'y a dès lors rien d'étonnant à ce que l'un de ces mouvements engendre les autres, que la chaleur se transforme en lumière, en électricité, l'électricité en lumière ou chaleur.

Avant d'étudier séparément chacun de ces phénomènes, rendons-nous bien compte de ce que peut être un mouvement vibratoire, et comment un mouvement de translation, tel que la chute d'un corps, peut être transformé en mouvement vibratoire pour nous apparaître tantôt sous forme de son, tantôt sous forme de chaleur, de lumière ou d'électricité, suivant les cas.

Un exemple très-simple va nous édifier à cet égard. Lorsqu'on laisse tomber une pierre dans une nappe d'eau tranquille, vous savez que le liquide est déprimé au point de chute et se soulève tout autour en un petit bourrelet circulaire qui s'étend lentement à la surface de l'eau ; c'est ce que l'on nomme une onde. Le liquide s'est ensuite relevé au centre et tout autour se creuse une petite vallée également circulaire qui va aussi s'éloignant peu à peu en s'élargissant : c'est l'onde déprimée. Au bout de peu de temps, vous voyez une série d'ondes renflées et creuses qui alternent et s'éloignent du centre en s'élargissant. Ce n'est pas le liquide qui s'éloigne, c'est le mouvement. Une feuille qui flotte à quelque distance du centre, s'élève et s'abaisse alternativement, en un mot, elle oscille, mais elle n'est pas transportée.

Le mouvement de chute de la pierre est ainsi transformé en un mouvement oscillatoire qui se propage sur la nappe liquide. Chacune des ondes renflées ou déprimées vient frapper le rivage et lui transmet son mouvement.

Je frappe maintenant la cloche de cristal que voici avec cette baguette : la cloche vibre et produit dans l'air des ondes sonores qui vont frapper vos oreilles, comme tout à l'heure les ondes aqueuses allaient frapper le rivage. Je puis dire, dans un sens presque mathématiquement exact, que la force musculaire de mon bras a été transformée en musique ; c'est dans tous les cas un mouvement de translation qui nous apparaît maintenant sous forme de mouvement vibratoire.

Lorsque le marteau vient frapper l'enclume, son mouvement de chute est transformé de la même manière, en une série d'oscillations exécutées par les dernières particules du corps frappé, et ces oscillations se révèlent à nous sous forme de chaleur.

Mais revenons à notre expérience première, la chute d'une pierre dans l'eau, et, cette fois, recommençons l'expérience et laissons-en tomber deux, faisant en sorte qu'elles tombent en même temps, de la même hauteur, et à une petite distance l'une de l'autre. Chacune d'elles donne naissance à un système d'ondes renflées et déprimées ; et ces ondes, en se propageant, s'éloignent du centre d'ébranlement ; elles se rencontrent, se croisent et produisent par cet entrecroisement des combinaisons de mouvements faciles à prévoir et à observer.

Chaque point de croisement reçoit deux mouvements : l'un qui provient du premier système d'ondes, l'autre qui lui est apporté par le deuxième. Si ces deux mouvements sont de même sens, ils s'ajoutent ; si, par exemple, ce sont deux mouvements ascensionnels, l'onde résultante sera plus renflée ; si ce sont deux mouvements descendants, elle sera beaucoup plus déprimée. Si les deux mouvements sont de sens contraires, ils se retranchent, et, dans ce cas, se détruisent et l'eau revient au repos. Cette superposition de deux mouvements oscillatoires se nomme *interférence*. Vous concevez maintenant comment du mouvement ajouté à du mouvement peut donner du repos.

Supposez deux timbres vibrant à une petite distance l'un de l'autre : ils donnent deux systèmes d'ondes aériennes sphériques. Lorsque ces ondes se montreront, elles se superposeront pour s'ajouter si leurs vibrations sont de même sens, pour se retrancher, si elles oscillent en sens contraire ; et dans ce dernier cas, *du son ajouté à du son peut produire du silence.*

Le caractère distinctif des mouvements vibratoires, c'est de produire l'interférence, de pouvoir se superposer pour s'ajouter ou se retrancher suivant les cas. Les expériences très-simples que nous venons de citer nous montrent comment un mouvement de translation peut être converti en mouvement oscillatoire et à quel caractère se reconnaissent les mouvements vibratoires.

Considérons maintenant de plus près les phénomènes de la chaleur.

Nous l'avons vue apparaître chaque fois qu'un mouvement était détruit, et nous la voyons à chaque instant disparaître en produisant des mouvements, du travail mécanique. Il est donc naturel de ne voir dans la chaleur qu'un mode particulier de mouvement. Elle paraît due en effet aux vibrations des dernières particules de corps, et ces oscillations des atomes peuvent être produites par toutes les actions mécaniques (frottement, compression, choc), par les actions chimiques, même par l'électricité. Il nous faut concevoir les molécules du corps dans un état continuel de mouvement.

Ainsi la table devant laquelle je suis placé paraît en repos complet, et cependant elle est le théâtre de mouvements incessants, de conflits perpétuels entre ses particules constituantes. Ses dimensions changent à chaque instant : si la température s'élève, les molécules s'écartent les unes des autres; s'il y a refroidissement, elles se rapprochent.

Le refroidissement est une perte de mouvement.

Nous éprouvons la sensation de chaleur lorsque nous passons dans un milieu dont le mouvement vibratoire est plus rapide que celui que nous venons de quitter, et c'est cet état vibratoire qui constitue la température. Une cave nous paraît glaciale quand nous y pénétrons pendant les fortes chaleurs de l'été ; elle nous semble chaude si nous la visitons durant les grands froids de l'hiver, et cependant nous savons que sa température, c'est-à-dire son état vibratoire, ne change pas sensiblement dans le cours d'une année.

Pour prendre une comparaison, on pourrait dire que les mouvements moléculaires des corps froids correspondent aux sons graves de l'acoustique ; tandis que les oscillations rapides des corps chauds répondent aux notes élevées de la gamme. Échauffer un corps, c'est faire passer ses mouvements moléculaires par une série de gammes, depuis la plus grave qui correspond à une température très-basse, jusqu'à la plus aiguë qui répond à une température élevée. Dire que deux corps sont à la même température signifie que leurs atomes sont animés de mouvements concordants, qu'ils vibrent à l'unisson.

Nous pourrions pousser très-loin ce parallèle ; ajoutons seulement que si la chaleur est réellement un mouvement vibratoire, elle doit produire le phénomène des interférences;

'on doit pouvoir obtenir du froid en ajoutant de la chaleur e la chaleur. Eh bien, l'expérience a été faite et elle a pleinent réussi. Ce point important de la science ne peut donc s nous laisser aucun doute.

xaminons maintenant, en quelques mots, les phénomènes ineux.

a lumière est un mouvement vibratoire comme le son, me la chaleur qui l'accompagne toujours ; mais c'est un ivement vibratoire qui a ses caractères particuliers. Le icipe des interférences s'y applique merveilleusement bien, ce fait qu'en ajoutant de la lumière à de la lumière on ent de l'obscurité, est connu depuis plus d'un siècle. On t donc dire : puisque la lumière interfère, c'est qu'elle re.

ais qu'est-ce qui vibre dans un rayon lumineux ? est-ce , comme dans les rayons sonores Évidemment non ; car umière n'a pas besoin d'air, ni pour se produire, ni pour ropager. Elle nous arrive du soleil, en traversant un espace nense dans lequel il n'y a pas d'air ; il faut donc que cet ice renferme autre chose qui puisse vibrer, un milieu élase comme l'air, mais beaucoup plus élastique et plus subtil lui. Ce milieu, que nous n'avons jamais vu qu'avec les x de l'intelligence, mais dont nous sommes forcés d'adtre l'existence, on l'appelle l'éther. Il doit se trouver par- où la lumière se propage. C'est lui qui transmet la ière et la chaleur rayonnante, comme l'air transmet le son. e mouvement vibratoire de la lumière est celui qu'on a nieux étudié. Il est très-complexe.

ous savez que si l'on fait tomber un faisceau de lumière ire sur un prisme de verre convenablement disposé, ce eau est dévié de sa direction et donne une image brilment colorée : c'est le spectre solaire. On y distingue sept eurs principales : le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le e, l'orangé, le rouge ; elles sont disposées sur sept bandes llèles qui s'harmonisent, en passant de l'une à l'autre, des nuances insensibles. Les rayons les moins déviés, le ge, l'orangé, correspondent à des vibrations lentes ; les ns les plus réfrangibles, le violet, l'indigo, répondent aux ations les plus rapides.

s radiations lumineuses ne sont pas d'ailleurs les seules cette expérience nous révèle.

l'on promène dans toute l'étendue du spectre un thernètre très-sensible, on remarque que la température ve à mesure qu'on s'éloigne du violet pour se rapprocher rouge ; c'est même au delà du rouge, dans la partie obs- du spectre, que la température est maximum. Ainsi, au du spectre lumineux, il y a des radiations qui émanent oleil, que l'œil ne perçoit pas, et dont le thermomètre it jusqu'à présent seul apte à accuser l'existence. L'enble de ces radiations constitue le spectre calorifique.

i delà du violet, dans la partie obscure, se trouvent d'auradiations que l'œil n'est pas non plus capable de saisir, uelles le thermomètre est insensible, mais dont l'activité nique est puissante ; ces radiations peuvent décomposer els d'argent, et elles jouent un rôle important dans la ographie. Leur ensemble constitue le spectre chimique.

i rayon de lumière emporte donc avec lui un triple mouent vibratoire, et nos yeux ne perçoivent que les radia- moyennes. La lumière, la chaleur et l'affinité chimique ninent ensemble dans un rayon de soleil.

Passons rapidement en revue les phénomènes de l'électricité et du magnétisme.

Depuis les remarquables travaux d'Ampère, le magnétisme, même dans l'enseignement classique, n'est plus considéré que comme une forme particulière des courants électriques.

Quant à l'électricité, si nous ne sommes pas encore complétement fixés sur la nature de ce merveilleux agent, nous savons du moins qu'elle peut être produite par tous les genres particuliers de mouvements que nous avons étudiés : Par les actions mécaniques : vous en avez un exemple dans nos machines électriques ordinaires ; les machines magnéto-électriques elles-mêmes ne sont-elles pas des exemples frappants de cette transformation du travail mécanique en électricité (1) ; par la chaleur, comme le montrent les piles thermo-électriques ; par les actions chimiques, ainsi que le font voir nos piles voltaïques.

Et à son tour, l'électricité peut produire de la chaleur, de la lumière, des actions chimiques et mécaniques : voilà déjà des rapprochements importants, en attendant une théorie plus complète.

En résumé, nous pouvons dire que la lumière, la chaleur, l'électricité, apparaissent comme des phénomènes solidaires, tous réductibles à l'unité du travail mécanique. Un travail peut les produire, et ils produisent du travail ; ils naissent du mouvement, et ils se résolvent en mouvement.

La question est moins avancée en ce qui concerne les forces attractives, la gravitation universelle, la pesanteur, la cohésion et l'affinité chimique. Elles conservent jusqu'ici un aspect plus mystérieux. Nous ne nous avancerons donc qu'avec précaution ; et, pour ne pas être trop abstrait, nous ne dirons que quelques mots des actions moléculaires.

Un premier fait nous frappe, c'est la puissance énorme de ces forces. La congélation de l'eau est capable de briser des bouteilles de fer de plusieurs centimètres d'épaisseur. Que dire des effets formidables que produisent les mélanges explosibles !

Déjà on se fait une idée plus exacte et partant plus simple des phénomènes chimiques, des transformations de la matière. Ces phénomènes paraissent résulter de mouvements très-rapides de pénétration des atomes, d'où résulte la chaleur dégagée dans les combinaisons. On a établi l'équivalence entre les quantités de chaleur produites ou absorbées dans les transformations chimiques et les travaux nécessaires pour les accomplir. L'affinité chimique, et toutes les forces mystérieuses qui lui font cortége, se trouvent ainsi ramenées à une simple question de mécanique (2).

Après vous avoir montré comment cette belle théorie de l'unité des forces physiques bannit les entités mystérieuses, les causes occultes qui obscurcissent la science, je n'ai pas besoin de vous dire que la physique actuelle n'a nullement la prétention d'avoir résolu ni de résoudre jamais d'une manière complète le problème de l'univers. Parce que nous avons fait une belle hypothèse scientifique, basée sur des faits nombreux et bien étudiés, nous ne devons nullement nous croire en possession de la réalité des choses. Perdus que nous sommes dans l'infini du temps et de l'espace, nous ne saisis-

(1) Voyez notre tome IV, page 669, 14 septembre 1867.
(2) Sur ce sujet, voyez des leçons de M. H. Sainte-Claire Deville dans notre tome IV, page 241, 16 mars 1867, et dans notre tome V, page 81, 11 janvier 1868.

REVUE

DES

OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE NUMÉRO 44 2 OCTOBRE 1869

Paris, 1er octobre 1869.

quelque temps, un journal peu scientifique, le *Figaro*, it, pour distraire ses lecteurs, de publier des notes demandées pour la circonstance à un certain nom- ersonnages plus ou moins célèbres. Parmi ces notes ait un aphorisme signé Nélaton et ainsi conçu :

nis heureux de voir la génération qui nous suit re- à ce faux semblant d'une science exacte et profonde tée presque exclusivement aux recherches microsco- pour se rattacher à l'étude de la chirurgie basée sur des indications fournies par la clinique. C'est en s'in- de ces principes que les grands maîtres du commen- de ce siècle, et en particulier Dupuytren, le plus glo- entre eux, ont donné à l'école française la légitime iée dont elle jouit encore dans le monde entier. »

t facile de prévoir que cette brève sentence ne serait goût de tout le monde. Un des jeunes collègues de on à l'École et à l'Académie, M. Verneuil, la relève it dans la *Gazette hebdomadaire de médecine* ; il lui sem- M. Nélaton ferait mieux de réserver aux Académies, n le voit toujours siéger sans rien dire, — ces trésors ice qu'il ouvre si complaisamment à la presse lég're. au fond, M. Verneuil déclare M. Nélaton dans une erreur s'il imagine que ses jeunes confrères ont re- u microscope, et il l'engage, pour être logique jus- out, de conseiller aux astronomes l'abandon du té-

notre collègue y prenne garde, dit M. Verneuil, en sant d'une manière exclusive la méthode clinique et crivant un de ses meilleurs auxiliaires, il laisse sup- u'il rejette également les autres, c'est-à-dire la phy- expérimentale, l'érudition ancienne et contempo- a méthode numérique, les emprunts faits aux sciences -chimiques, en un mot, toutes les informations qu'on e pas au lit du malade......

est bon de diagnostiquer une pierre avec la sonde, pe avec le laryngoscope, une amaurose avec l'oph- scope, une paralysie avec la pile, un diabète avec la , pourquoi rejeter la lentille pour reconnaître une thémie ou une spermatorrhée?.....

vérité, plus nous cherchons, moins nous pénétrons iles qui ont poussé M. Nélaton à entrer ainsi en cam- S'il ne s'agit que de célébrer Dupuytren, la chose n'en ière la peine; on a, croyons nous, assez parlé de ce ambitieux, qui a obtenu la renommée, la fortune, les honneurs, mais n'a point mérité la vraie gloire réservée, Dieu merci, aux vrais savants......

» Si M. Nélaton enfin, se posant en chef d'école, a voulu tracer un programme et, des hauteurs où il siége, jeter le gant à la science moderne, nous relevons fièrement le défi et nous le provoquons, soit à l'Académie, soit dans ce journal même, à un débat sérieux et solennel, car il s'agit de l'hon- neur et de l'avenir de la chirurgie française. »

— Ouvert le 18 août dernier, comme nous l'avions annoncé, le congrès de l'Association britannique, tenu cette année à Exe- ter, se terminait un peu avant la fin du mois sous la présidence d'un physicien éminent, M. G. Stokes. L'année prochaine, l'As- sociation britannique se réunira dans la grande ville de Liver- pool, sous la présidence d'un des hommes les plus illustres et les plus actifs de science anglaise, M. Huxley.

En Angleterre, les savants ont maintes fois à lutter contre des préjugés que l'esprit formaliste de la religion anglicane contribue surtout à maintenir. De toutes les sciences, l'an- thropologie est naturellement celle qui est le plus en butte à ce genre d'hostilité. Il y a deux ans, au congrès de l'Associa- tion britannique à Dundee, les anthropologistes durent même se séparer un instant de l'Association pour organiser une con- férence particulière sous la présidence de M. James Hunt, fon- dateur-président de la *Société d'anthropologie* de Londres (voyez notre tome V, page 116, 18 janvier 1868). Cette année encore, à Exeter, il paraît que l'anthropologie ne rencontra point toujours le meilleur accueil. M. Hunt en conçut le plus vif chagrin et tomba bientôt malade; on fut obligé de le rame- ner d'Exeter dans sa famille, où il vient de mourir il y a quel- ques jours. — Organisateur de la Société d'anthropologie, M. Hunt lui avait consacré toute son activité, et il l'avait éle- vée en quelques années au plus haut degré de prospérité; on peut dire qu'il en était l'âme. Peut-être le coup qui la frappe la décidera-t-elle à se réunir à la *Société ethnologique*, prési- dée par M. Huxley. Plusieurs fois déjà, des tentatives ont été faites pour amener la fusion de ces deux sociétés, que tout le monde reconnaît utile dans l'intérêt de la science; mais jus- qu'ici ni l'une ni l'autre n'a voulu abdiquer son nom. Peut- être la mort de M. J. Hunt offrira-t-elle un moyen de transac- tion. La *Société d'anthropologie* conserverait son nom, qui est plus général et plus en rapport avec le titre des autres socié- tés d'Europe; mais la Société ethnologique donnerait son pré- sident à la Société fusionnée.

RÉUNION DES SOCIÉTÉS SAVANTES A LA SORBONNE (1)

M. JOUAN

La Faune de la Nouvelle-Zélande

En 1827, lors de son exploration sur l'*Astrolabe*, Dumont-d'Urville signalait l'envahissement progressif de la Nouvelle-Zélande par la végétation de l'Europe, à la suite de l'immigration européenne, et insistait sur la nécessité de fixer la flore indigène avant qu'elle eût subi de trop grandes modifications. Trente-cinq ans après, j'ai pu constater *de visu* que les pronostics de l'illustre navigateur étaient en partie justifiés. Bien que les changements apportés à la faune ne soient pas aussi grands, il y en a cependant déjà eu de sensibles. Les observations des voyageurs du siècle dernier, Cook, Banks, Solander, les deux Forster, ne sont plus vraies aujourd'hui que dans une certaine mesure, et la même remarque peut s'appliquer à des relations bien postérieures, telles que celles des dernières expéditions françaises de 1824 à 1840, sous les ordres des capitaines Duperrey et d'Urville. Volontairement, ou involontairement, la colonisation a introduit certaines espèces d'animaux et en a fait disparaître quelques autres. La destruction de certaines espèces semble être aussi provoquée par d'autres causes, et, quoique lente, marche sûrement : aussi il me semble qu'il serait intéressant de dresser le tableau zoologique de la contrée, dans son état actuel.

On comprend les difficultés d'un pareil travail. Cependant, malgré mon insuffisance, j'ai essayé, dans un mémoire adressé à la Société des sciences naturelles de Cherbourg, de donner une idée aussi complète que possible de la faune de la Nouvelle-Zélande. Cet archipel semble être mis de côté aujourd'hui par les naturalistes français, et pourtant nos compatriotes attachés aux expéditions que j'ai rappelées avaient jeté sur ses productions un jour des plus vifs. Un moment la Nouvelle-Zélande faillit devenir colonie française. Un essai de colonisation fut tenté vers 1841, mais il fut abandonné presque aussitôt que conçu ; cependant, dans ce court intervalle, quelques travaux remarquables se produisirent ; mais depuis lors, pour compléter notre connaissance des terres lointaines, il faut avoir recours à quelques notes qui paraissent de temps en temps, éparpillées dans les publications des sociétés savantes étrangères (2).

Cette abstention des naturalistes français m'a engagé à condenser les principaux faits acquis, en y joignant les observations personnelles que j'ai pu faire en deux voyages à la Nouvelle-Zélande. Je n'ai pas la prétention de donner la liste de tous les êtres qui y représentent le Règne animal, mais tout simplement de faire connaître la physionomie de sa faune. Pour cela, j'ai insisté sur ce qui frappe d'abord le voyageur, c'est-à-dire les êtres les plus élevés dans l'échelle zoologique. J'ai espéré pouvoir donner ainsi une idée de la création animale sur cet archipel, intéressant à plus d'un titre. C'est la terre la plus australe qui soit habitée par la race Polynésienne; sa situation par rapport au continent australien et ses annexes, d'une part, à la Nouvelle-Calédonie et aux îles plus rapprochées de l'équateur de l'autre, peut donner lieu à de curieuses observations, par suite des différences ou des ressemblances que ses productions présentent avec celles de ces contrées. A un autre point de vue, sa position géographique, sa colonisation par la race d'hommes la plus persévérante, qui lui promet un grand avenir, doivent aussi mériter l'attention.

I

L'archipel néo-zélandais est compris entre le 33e et le 47e degré de latitude sud, et les méridiens de 165° et 170° à l'est de Paris, situé, par conséquent, assez près de nos antipodes, à une distance de trois cents lieues, plus ou moins, de la Nouvelle-Calédonie, du continent australien, de la terre de Van-Diémen, à quinze cents du point le plus rapproché de l'Amérique méridionale. Il se compose de trois îles principales, placées bout à bout dans la direction moyenne du N.-E. au S.-O., deux grandes, celle du Nord ou *Ika-a-mawi*, celle du Milieu ou *Té-waï-poé-namou*, et l'île Stewart, beaucoup plus petite. Quelques îlots sont épars sur les côtes. De l'extrémité nord à l'extrémité sud de l'archipel, on compte 900 milles ou plus de 1600 kilomètres; sa largeur moyenne est de 160 kilomètres, bien qu'en certains endroits elle arrive à 335, et que, sur un point, près d'Auckland, la capitale des établissements anglais, cette largeur soit réduite à trois.

Les volcans ont joué un grand rôle dans cette contrée. On en a la preuve dans de nombreux cratères soulevés au-dessus du sol, et dans des dépressions occupées par des lacs dont quelques-uns sont relativement étendus. Plusieurs volcans sont encore en activité. Les tremblements de terre sont fréquents dans certains districts. Une grande chaîne de montagnes s'étend du nord au sud, élevant, dans l'île du Milieu, à plus de 4000 mètres d'altitude, des pics aigus toujours couverts de neige. Cette chaîne est moins bien accentuée dans l'île du Nord; cependant quelques sommets dépassent la limite des neiges perpétuelles. L'île Stewart est un amas de montagnes. La partie S.-O. de l'île du Milieu est également bouleversée, et présente un caractère indescriptible de sauvage grandeur. Les contre-forts s'avancent jusqu'à la mer, enserrant entre eux, comme entre de gigantesques murailles à pic, des baies étroites où l'eau est très-profonde, et pénétrant dans les terres comme les *fiords* de la Norvége et les canaux qu'on voit au sud du Chili. Sauf à la partie occidentale de l'île du Milieu, les côtes offrent des dentelures, des ports où les oscillations des marées laissent à découvert de grands bancs de sable et de vase, circonstance favorable à l'existence de nombreux oiseaux aquatiques.

Les vapeurs de l'Océan, condensées par les sommets des montagnes, la fonte des neiges, alimentent des cours d'eau, souvent très-volumineux pour le peu d'étendue de leur parcours. Le climat est très-salubre, tempéré, humide; par suite du relief varié du pays et de la latitude, il montre des différences suivant les localités. Il est rude dans le sud, les hivers y sont très-froids. Dans le nord, les étés sont longs, quelquefois secs ; ils seraient chauds si les vents ne les tempéraient. Dans cette partie, le printemps et l'automne sont très-doux, l'hiver très-pluvieux; mais le froid n'y est jamais plus

(1) Voyez notre numéro du 17 avril dernier, ci-dessus, page 306.

(2) Les mémoires des diverses Sociétés d'Angleterre, des États-Unis, d'Allemagne surtout, de Russie, d'Italie, etc. Ceux de l'Académie des sciences de Vienne, et ceux de la Société de botanique et de zoologie de la même ville, contiennent les documents dus à l'expédition de la frégate autrichienne *la Novara*, qui a touché, en 1858, à Auckland, la capitale des établissements anglais, et, si l'on juge par ce que cette relâche de quelques jours seulement a produit, on aurait pu attendre beaucoup d'un séjour plus prolongé. (H. J.)

ise qu'en avril ou en octobre sur les rivages du nord France.

r les côtes occidentales, de gros vents du N.-O. au S.-O. llent en tempête pendant presque toute l'année. Du côté est, le temps est moins inclément. On y a ordinairement, ant l'été, des brises régulières de terre et du large; ndant on y est exposé, en toute saison, à de violentes rasques.

lgré cela, parmi les espèces d'animaux qui vivent à la elle-Zélande, il y en a qui se rapprochent d'espèces habi- les régions tropicales; quelques-unes même sont tout à dentiques avec ces dernières. Quelques formes végétales, nombreuses il est vrai, et appartenant au nord de l'ar- el, un Palmier, quelques Pandanées, le *Cordyline aus- s*, font penser aux contrées chaudes des tropiques; mais orêts peuplées de Conifères gigantesques, et en général ect des végétaux phanérogames, rappellent les régions iérées.

qui frappe, c'est la pauvreté de certaines branches de la tion dans une contrée qui occupe un espace de deux soixante lieues en latitude, dans les conditions que je s de rapporter. C'est la même pénurie, pour ce qui rde les productions *terrestres* du Règne animal, que dans upart des petites îles du grand océan : absence presque plète de mammifères et de reptiles; oiseaux communs re sur certains points, mais peu variés en espèces. La e *marine* est plus riche : les côtes sont poissonneuses, les ux de mer et de rivage sont nombreux, et il n'y a pas longtemps que les phoques et les baleines abondaient les mers voisines.

création n'a cependant pas toujours été aussi réduite à ouvelle-Zélande. A une autre époque, ces terres étaient omaine de grands oiseaux sans ailes, dont les débris les ont révélé une quinzaine d'espèces. Quelques-unes nt contemporaines de l'homme, et il n'est pas certain lles soient toutes éteintes. La présence de ces restes, les es de quelques-uns des animaux vivant actuellement, le ctère d'une grande partie de la flore néo-zélandaise, issent être un argument en faveur de ceux qui considè- la Nouvelle-Zélande comme une des plus anciennes por- de notre planète ayant conservé, en partie, les mêmes es de la vie animale et de la vie végétale qu'on voyait à autre époque géologique, tandis que d'autres portions de globe ont eu à subir des changements plus rapides.

n'est pas à dire que la Nouvelle-Zélande n'en éprouve loin de là. Outre les altérations produites par les érup- volcaniques et les tremblements de terre, des obser- ns directes démontrent que l'archipel s'élève de plus en au-dessus de l'Océan, surtout dans la partie S.-O de l'île Milieu (1). Cette élévation est peut-être la cause d'un ssement de température dont on a la preuve dans la pré- e de la résine de *Kauri* (*Dammara australis*) au milieu houillères de la baie Massacre et de la rivière Molyneux. Aujourd'hui cette magnifique Conifère ne vit qu'à 10 degrés de latitude plus au nord. Les grands oiseaux, dont les restes fossiles se retrouvent à peu près par tout l'archipel apparte- naient à la famille des Struthionidés, à laquelle un climat beaucoup plus chaud que le climat actuel du sud de l'île du Milieu semble nécessaire. Sans doute l'abaissement de la tem- pérature aura eu sur eux le même effet que sur les végétaux. Les vieux *Maoris* (1) affirment que, depuis les jours de leur enfance, certains oiseaux qui entraient pour beaucoup dans leur alimentation, et qu'ils trouvaient abondamment, tels que le Perroquet kakapo (*Strigops habroptilus*), le Wéka (*Ocy- dromus australis*), le Kiwi (*Apteryx*), deviennent de plus en plus rares. Il est à supposer que l'abaissement de la tempé- rature est une des causes principales de cette diminution. Les chiens, les chats, les rats, amenés à la suite des Euro- péens, ont été aussi bien funestes aux hôtes des bois; mais il paraît qu'avant l'introduction de ces nouveaux ennemis, le dépeuplement avait commencé.

Je suis loin de contester la valeur de cette opinion, mais je crois pourtant qu'on doit faire une part plus large à l'action destructive des chiens et des hommes; car, dans certains dis- tricts de l'île du Milieu, où la température est très-basse, mais où la population est pour ainsi dire nulle, on trouve encore beaucoup de ces oiseaux qui ont tout à fait disparu du voisinage des lieux habités.

Depuis 1840, la Nouvelle-Zélande est officiellement une co- lonie anglaise; mais avant cette époque, une grande quantité d'émigrants s'y étaient déjà établis, de sorte que quand le gou- vernement de l'Angleterre intervint, la *colonisation* était faite, il n'y avait plus qu'à *administrer*. Aujourd'hui, cet archipel, naguère le domaine de hordes d'anthropophages, montre au voyageur des villes prospères, et autour d'elles des fermes avec des champs de blé et de pommes de terre, des herbages entourés de haies d'aubépines, de troènes, d'ajoncs : aux en- virons d'Auckland, par exemple, on dirait un paysage mari- time du Morbihan ou du Finistère.

Mais au milieu de tous ces progrès, que deviennent les légitimes propriétaires du sol? C'est là le côté triste de la question. Les Maoris subissent la loi fatale qui fait dispa- raître certaines populations sauvages devant la civilisation. En ce moment, ils se débattent, avec l'énergie du désespoir, sous la rude étreinte des Anglais; ils sentent eux-mêmes instinctivement qu'ils sont condamnés. La disparition de ce magnifique rameau de la grande et intéressante race polyné- sienne sera un des effets certains de la colonisation (2).

Les Maoris, malgré leur nom, qui veut dire *autochthones*, n'étaient pas cependant les premiers habitants de la Nouvelle- Zélande. En remontant la suite des générations, au moyen des noms des principaux chefs soigneusement conservés dans les traditions des prêtres, on est amené à établir que, selon toute probabilité, la race d'hommes qui habite actuellement la Nouvelle-Zélande arriva dans cette contrée vers le XVe siècle. Elle y trouva une race plus faible qu'elle extermina, comme une invasion néo-zélandaise extermina, il y a environ cin-

En 1847, la coque d'un navire fut trouvée dans les terres, à mètres de la ligne des hautes marées. On suppose que c'était la sse de l'*Active*, naufragé en 1814. Dans le court espace de trente- ans, la mer s'était retirée de 180 mètres, ou, pour dire plus vrai, ne le niveau général de l'Océan ne change guère, la terre avait dû er de la quantité nécessaire pour que cet effet se produisît. De à 1827, des effets analogues ont été observés à la baie Dusky, très-fréquentée par les pêcheurs de phoques. (H. J.)

(1) Nom que se donnent les naturels de la Nouvelle-Zélande.

(2) Aux îles de la Société, aux îles Sandwich, aux îles Marquises surtout, la dépopulation marche d'une manière effrayante. Il y a lieu de croire qu'un jour, ces archipels recevront une partie du trop-plein de la population de la Chine. Les industrieux et patients travailleurs chinois sont, sans doute, destinés à repeupler et à mettre en valeur ces archipels inutiles aujourd'hui. (H. J.)

quante ans, la population de l'île voisine, Chatham, qui était peut-être de la même race que les autochthones de la Nouvelle-Zélande. Ceux-ci se rapprochaient, croit-on, des Tasmaniens éteints aujourd'hui. Les Néo-Zélandais venaient des archipels situés dans le voisinage de l'Équateur, peut-être de plus loin encore, car leur langage les rapproche des habitants des îles Sandwich, dont la demeure est à quatorze cents lieues de la Nouvelle-Zélande, plus que de tous les autres Polynésiens (1).

La colonisation anglaise a introduit presque tous nos animaux domestiques. Les Chevaux sont déjà assez nombreux pour qu'on en ait pu fournir à la cavalerie de l'Inde anglaise. Avant peu d'années, les Moutons seront une des grandes richesses du pays : leur laine fera une rude concurrence aux laines australiennes. Les Porcs sont aujourd'hui très-nombreux : avant Cook, les naturels ne connaissaient pas ces animaux trouvés dans presque toute la Polynésie. Les Faisans ont été importés de Chine, et, protégés par des règlements sévères, ont prospéré ; il en est de même des Abeilles. Mais il est juste de reconnaître qu'à côté de ces résultats avantageux, la colonisation a apporté aussi son contingent d'animaux nuisibles, le gros Rat de Norvége, les Souris, les Cancrelats dans le nord de l'archipel, plusieurs espèces de Mouches, etc., etc.

II. Animaux sauvages. — *Mammifères.*

La Nouvelle-Zélande était privée de grands mammifères terrestres. Les plus grands étaient des Chiens (*Canis domesticus indicus Novæ-Zelandiæ*, Fitzinger), appelés *Kouri* (2) par les indigènes, n'ayant rien de commun avec le *Dingo* ou Chien de la Nouvelle-Hollande, mais appartenant à la variété trouvée sur plusieurs îles du Pacifique oriental par les navigateurs du siècle dernier.

Une petite espèce de Rat (*Kioré* des indigènes) a été, de même que dans beaucoup d'autres îles, détruite par les gros Rats que les navires ont importés.

Deux Chauves-Souris complètent le nombre des mammifères terrestres. Cette pénurie est étonnante dans une contrée de cette étendue, située sous un climat tempéré et présentant toutes les altitudes jusqu'à 4250 mètres. On peut déjà constater une grande différence avec la faune de la Nouvelle-Hollande et celle de la Tasmanie. Les oiseaux gigantesques semblent avoir tenu la place des grands quadrupèdes. De plus, selon quelques traditions, — mais il faut reconnaître que les légendes polynésiennes sont souvent bien vagues et bien nuageuses, — les Chiens n'auraient pas été introduits par les Maoris, mais par un navire, longtemps avant Cook. Les Rats et les Chauves-Souris seraient aussi d'origine étrangère.

Le R. Taylor (3) signale, d'après les naturels, un Castor qui habiterait l'île du Milieu ; un Anglais ayant longtemps rési[dé] dans cette partie du pays aurait vu des animaux qui lui [pa]raient paru être des Loutres : mais ces témoignages sont p[lus] que douteux.

De nombreux troupeaux de Phoques de la division des C[...] ries animaient les rivages de l'île du Milieu et de l'île S[te]wart. Vers 1827, commença contre eux une guerre d'exter[mi]nation qui les a presque anéantis ; aujourd'hui l'industrie [des] *sealers* n'existe plus. Autant qu'il me semble, les esp[èces] communes étaient l'*Otaria jubata*, Desm., sans doute la mê[me] que *Phoca leonina*, Molina, du Chili ; l'*Otaria cinerea*, Pér[on,] qu'on trouve aussi à la Nouvelle-Hollande, et probablem[ent] l'*Otaria ursina*, Desmar.

Les grands cétacés ont eu le même sort que les Phoq[ues]. La Nouvelle-Zélande se trouve comprise dans les lim[ites] équatoriales de la Baleine franche et les limites polaires [des] Cachalots. On rencontre de ces derniers assez souvent [dans] le nord-est de l'archipel. Ils sont de petite taille et ap[par]tiennent sans doute au genre *Kogia*, Gray, qui fréquente [les] parages de l'Australie et de la Nouvelle-Calédonie.

Il y a trente-cinq ans, la pêche de la Baleine était très-[pro]ductive. Des établissements à l'île du Milieu et à l'île Ste[wart] fournissaient de l'huile en abondance, et les ports de la [pres]qu'île de Banks servaient d'abris à de nombreux navires [;] les embarcations pêchaient aux environs. Cette chasse [dans] les baies, que les femelles rallient au moment de mettre [bas,] devait amener la destruction des baleines : c'est ce qui es[t ar]rivé. Aujourd'hui, cette industrie est à peu près abandon[née].

Les auteurs ont appelé *Balæna antipodum* la Baleine q[u'on] rencontre à la Nouvelle-Zélande et au Chili, suivant la sa[ison]. L'espèce est à peu près détruite aujourd'hui (1).

Les pêcheurs cherchent à se rabattre sur les *Hump[backs]* (genre *Megaptera*, Gray, *Kyphobalæna*, Eschr., *Rorquals* [des] anciens auteurs), dont l'huile est de qualité supérieure, [mais] la capture très-chanceuse. Les Rorquals, que j'ai vus en [très] grande quantité, même dans le golfe d'Auckland, me pa[rais]sent appartenir à l'espèce antarctique, *Balænoptera Astrol[abiæ]*, Hombr. et Jacq. On signale aussi, dans ces parages, des [Ba]leines à aileron (*Pterobalæna*, Eschr., *Physalus* des an[ciens] auteurs, *Finback* des pêcheurs).

Le *Dauphin à bandes fauves*, Hombr. et Jacq., et le *Dau[phin] de la Nouvelle-Zélande*, Quoy et Gaim., doivent, à mon a[vis,] malgré l'imposante autorité de M. J. E. Gray, être en[regis]trés comme deux espèces distinctes.

III. — *Oiseaux.*

Si je ne m'en rapportais qu'à ma première impressio[n à la] baie des Iles, je pourrais dire que la Nouvelle-Zélande [n'a] que à peu près d'oiseaux terrestres. La même remarque [a été] faite par M. Darwin dans les forêts voisines de Waimaté.

Les alentours d'Auckland sont plus animés. Les gra[nds] *Toui* (*Philédon à cravate*) volent, en chantant sans cesse, [au]tour des plantes de *Phormium tenax* ; le cri perçant du *M[...]* (*Synallaxis punctata*, Quoy et G.) se fait entendre dans les [ma]récages ; des Moucherolles, des Sylvains à la queue en [éven]tail, gazouillent autour des buissons. Cependant le nom[bre] des oiseaux n'est pas considérable. En a-t-il toujours été a[insi,] ou bien doit-on attribuer leur rareté, de même que dans

(1) Les limites que je me suis tracées ne me permettent pas de m'étendre sur ce sujet, que j'ai traité ailleurs. On trouvera tous les développements qu'il comporte dans les belles leçons de M. de Quatrefages sur *les Polynésiens et leurs migrations* dans le tome II de la *Revue*, 1865, pages 695, 705, 724, 730.

(2) *Ouri* à Taïti et ailleurs. Parmi les noms donnés par les Maoris aux animaux, il y en a plusieurs qu'on retrouve dans les différentes îles du Pacifique où l'on parle des dialectes polynésiens ; mais ces noms semblables ne veulent pas toujours dire que les animaux auxquels ils sont appliqués dans les différentes localités soient les mêmes. Les Maoris, retrouvant dans leur nouvelle patrie des animaux et des végétaux qui leur rappelaient ceux des lieux qu'ils venaient de quitter, leur ont imposé les mêmes noms. Les colons sur une terre étrangère, les marins qui abordent à des rivages peu connus, font souvent la même chose.

(3) *Té-ika-a-mawi, or New-Zealand and its inhabitants*, par le révérend Taylor. Londres, 1855.

(1) Le squelette d'une femelle adulte se voit dans une des cou[rs du] Muséum, avec un modèle en plâtre de l'animal, réduit au huitième[...]

ırs îles du Pacifique, à l'introduction des rats ? Ce qu'il y certain, c'est que les premiers explorateurs, Cook, les x Forster, Anderson, trouvèrent des oiseaux en quantité différents points de l'archipel. Il paraîtrait, d'après les lleures informations, que le nombre en est encore grand ıos jours dans les endroits où la colonisation n'a pas pé-·é et où les indigènes sont peu nombreux, ou manquent, ıme dans les *fiords* de l'île du Milieu. Là on trouve des ırds de plusieurs espèces, le magnifique Pigeon *koukoupa* ·*pophaga Novæ-Zelandiæ*, Gmel.), le *Weka* (*Ocydromus aus-is*, Sparrm.), le Perroquet *kakapo* (*Strigops habroptilus*, ȳ), et l'*Apteryx*, les deux derniers très-rares aujourd'hui.

n comparant ensemble les observations des naturalistes iècle dernier, les observations dues aux expéditions fran-es que j'ai rappelées, celles des étrangers et les miennes ɔres, j'arrive à 70 (72 ?) espèces ainsi réparties par ordres :

Rapaces	3	Gallinacés.	1
Passereaux.	22	Pigeons.	1
Syndactyles. . . .	1	Échassiers.	13
Grimpeurs.	2	Palmipèdes.	20
Perroquets.	4 (5 ?)	Struthions (*Apteryx*)	3 (4 ?)

Total 70 (72 ?).

ıuf les différentes espèces d'*Apteryx*, les autres habitent, ıabitaient récemment, tout l'archipel, malgré la différence ible du climat entre le nord et le sud.

n constate la présence de 8 ou 10 de ces espèces à la velle-Calédonie, située en dedans du tropique (1). Ce t :

ircus assimilis, Jardin et Selby.

lalcyon vagans, Gray, qu'on rencontre également dans le d et le nord-est de la Nouvelle-Hollande, les Nouvelles-rides, les îles Salomon, la Nouvelle-Guinée, les Moluques.

halcites lucidus, Gmel. Se retrouve en Australie, sur les es du détroit de Torrès ; rare à la Nouvelle-Zélande et à la velle-Calédonie.

'erodias flavirostris, Gray (?).

allus assimilis, Gray. Va jusqu'aux îles Philippines.

orphyrio melanotus, Temm. Australie, détroit de Torrès.

elastes Gouldii, Bonap.

terna.....

ula piscatrix, Gmel. (?). Les archipels du grand Océan voi-de l'équateur.

nas superciliosa, Gould.

e *Faucon de la Nouvelle-Zélande*, Gmel. Se retrouve au li et aux îles Malouines ; il paraît être répandu sur toutes terres australes.

'Eudynamis taitensis, Sparrm., qu'on rencontre à Tahiti ux îles Marquises, est rare à la Nouvelle-Zélande.

l y aurait à vérifier si l'*Huîtrier noir*, qu'on trouve à la velle-Zélande, en Tasmanie, aux îles Auckland, à l'île folk, est le même que l'espèce à sombre livrée des Terres gellaniques et des îles situées au sud de l'Afrique et de éan Indien.

e Pétrel plongeur (*Procellaria urinatrix*, Lath.) se retrou-ıit à la côte occidentale d'Amérique, depuis le cap Horn qu'au Pérou. Les Albatros sont les mêmes qu'on rencontre s toute l'étendue des mers australes : *Diomedæa exulans*, *rorhynchos*, *fuliginosa*.

.) Quelques genres de la Nouvelle-Zélande sont représentés à la velle-Calédonie par des espèces peu différentes : *Strix*, *Graucalus*, *cicapa*, *Rhipidura*, *Coturnix*, etc.

Parmi les Perroquets, on remarque le *Psittacus terrestris*, Shaw, aux tarses longs et grêles, aux ongles droits, ce qui leur permet de marcher facilement ; aussi il se tient ordinairement sur le sol.

Le beau Perroquet Nestor (*Nestor meridionalis*) a à peu près, sinon tout à fait, disparu des endroits colonisés ; il est probable qu'il s'éteindra comme ses congénères *Nestor Esslingii* et *Nestor productus* (1).

J'ai déjà parlé de la rareté croissante du Kakapo (*Strigops habroptilus*). Je n'ai eu l'occasion de voir qu'un individu vivant de cette espèce, provenant de la rivière Buller, à la côte ouest de l'île du Milieu. Cet oiseau tient, par la forme de sa tête, presque autant des Hiboux que des Perroquets. Ses habitudes sont nocturnes : il passe les journées dans une espèce de terrier, et quand il est poursuivi, il est rare qu'il s'envole.

Le *Notornis Mantellii*, Owen, qui se rapproche des Ralles et des Talèves, n'a été pendant longtemps connu qu'à l'état fossile ; mais cette grosse espèce (2) compte encore quelques individus vivants, très-rares, dans l'île du Milieu.

Pendant longtemps aussi on crut que les Aptéryx, ces étranges oiseaux sans ailes, qui tiennent des Gallinacés et des Autruches par les pattes, des Bécasses par le bec, ne comportaient qu'une seule espèce, l'*Apteryx australis*, Shaw. Cependant les naturels en distinguaient plusieurs par des épithètes ajoutées au nom générique *Kiwi*, dérivé du cri de l'oiseau. Aujourd'hui, on en compte trois espèces bien établies : 1° *Apterix australis*, Shaw, 2° *A. Mantellii*, Bartlett, 3° *A. Owenii*, Gould. Une quatrième, *A. maxima*, Verreaux, est douteuse ; son existence est très-probable, mais elle n'a été signalée encore que d'après les récits des Maoris. Ces diverses espèces étaient cantonnées sur différents points de l'archipel : on conçoit que le détroit de Cook était un obstacle infranchissable pour ces oiseaux mal organisés pour nager et pas du tout pour voler. Les habitudes (3) de toutes semblent être les mêmes. Ces oiseaux sont très-rares (4). Privés de moyens de fuir, ils ont dû rapidement diminuer en nombre devant l'homme aidé des chiens, bien qu'ils courent très-vite et qu'ils se défendent énergiquement avec leurs robustes pieds. D'après le docteur Thomson, ce ne serait pas à l'homme seul

(1) M. Gould a signalé, il y a peu d'années, une nouvelle espèce à l'île du Milieu, *Nestor notabilis*. L'espèce *N. Esslingii* a été basée sur un seul échantillon, conservé au British Museum, et *qu'on croit provenir de la Nouvelle-Zelande*. Le *Nestor productus* était cantonné dans la petite île de Philipp. On ne l'a jamais trouvé à l'île Norfolk, *distante seulement de 5 milles* de Philipp. Mon savant ami le docteur G. Bennett, pendant un séjour de vingt-cinq ans en Australie (*a*), ne vit jamais qu'un seul individu apporté vivant à Sydney, en 1839. Cet oiseau n'avait pas la démarche lourde ordinaire aux Perroquets ; il marchait en sautillant comme une Pie. M. F. Bennett, dans ses *Gatherings of a naturalist*, etc. (Londres, 1860), donne de curieux détails sur ses mœurs. (H. J.)

(2) Haute de $0^m,60$. Le premier individu vivant fut pris, en 1850, par quelques pêcheurs de phoques de l'île du Sud qui le gardèrent en vie pendant quelques jours, puis le mangèrent. Heureusement que la peau de cet intéressant animal, le trait d'union entre les espèces vivantes et les *Dinornis*, avec les ossements desquels les siens sont souvent mêlés, fut sauvée par le docteur Mantell. (H. J.)

(3) Un mémoire de M. Enrico Giglioli, publié dans les *Actes de la Société des naturalistes italiens* (Milan, 1863), donne les détails les plus récents et les plus complets sur les Aptéryx. (H. J.)

(4) On dit qu'une des espèces est encore représentée assez abondamment sur *Houtourou*, gros îlot à peu près inabordable et très-escarpé, dans le milieu du golfe de Hauraki ou d'Auckland. (H. J.)

(*a*) Vingt ans plus tard, le docteur Bennett retrouva la dépouille de ce perroquet dans le musée de Florence.

qu'il faudrait attribuer l'extinction progressive des Aptéryx. *Ces espèces auraient fait leur temps*, comme les *Dinornis*, les *Palapteryx*, dont on ne retrouve plus que les débris.

Bien que mon dessein soit de présenter seulement le tableau, — à grands traits, — de la faune actuelle de la Nouvelle-Zélande, je ne puis me dispenser de dire quelques mots des oiseaux fossiles qu'on y a trouvés, parce que peut-être quelques-uns y sont encore aujourd'hui à l'état vivant.

Les indigènes donnent indistinctement le nom de *Moas* (1) aux grands oiseaux dont proviennent les débris trouvés sur plusieurs points de l'archipel, tant au nord qu'au sud. En 1839, le professeur Owen, à l'inspection de ces os, reconstruisit l'oiseau auquel ils avaient dû appartenir, et en fit le type du genre *Dinornis*, se rattachant à l'ordre des Struthions, oiseaux privés d'ailes ou n'en ayant que de rudimentaires, avec des jambes puissantes et massives.

Cet ordre a de nombreux représentants dans l'hémisphère austral : le sud de l'Afrique a une grande espèce d'Autruche ; l'Amérique méridionale, le Nandou ; les îles de la Malaisie, plusieurs espèces de Casoars ; la Nouvelle-Bretagne, le Moureuk ; l'Australie, l'Émeu ; la Nouvelle-Zélande, les Aptéryx. Le Dronte des îles Mascareignes, l'Épyornis de Madagascar, appartenaient peut-être au même ordre.

Les recherches de Mantell, de Taylor, d'Owen, etc., ont établi, à la Nouvelle-Zélande, 14 espèces réparties en 4 genres : *Dinornis*, *Emeus*, *Palapteryx*, et *Aptornis*, avec les débris desquelles on a rencontré souvent des ossements d'Aptéryx et de Notornis qui ont encore des représentants vivant aujourd'hui. Les oiseaux des quatre genres cités sont confondus par les Maoris, ai-je dit, sous le nom de *Moa*, bien que la taille des diverses espèces diffère notablement : ainsi, le *Dinornis giganteus* avait près de 4 mètres de haut ; — j'ai vu à Sydney un squelette de cette taille (2), — tandis que l'*Aptornis otidiformis* était sans doute de la grandeur d'un Cygne. L'archipel néo-zélandais était, selon M. d'Archiac, le domaine exclusif de ces oiseaux à l'époque quaternaire. D'après les différentes trouvailles, il est permis de croire qu'une partie des espèces de l'île du Nord différaient des espèces de l'île du Milieu. « En » effet, pour des oiseaux qui ne pouvaient voler, ni nager très- » loin, le détroit de Cook était une barrière qui s'opposait à » leur migration d'une île à l'autre. » (D'Archiac).

Quelques-uns de ces oiseaux étaient contemporains de l'homme : on a trouvé de leurs débris auprès de foyers semblables à ceux dont les naturels usent encore pour cuire leurs aliments. On a rencontré des œufs ouverts par un bout et ayant évidemment servi de nourriture. Dans un gisement considérable, à l'embouchure du Waingororo, dans l'île du Nord, des ossements humains étaient mêlés à ceux du Moa. Les débris recueillis dans quelques dépôts étaient dans un état de conservation tel, qu'il semblait que la mort des sujets ne dût remonter qu'à quelques années seulement. D'après le R. Taylor, les Maoris ont des chansons et des traditions qui redisent les chasses de Moa que faisaient leurs pères. Il n'est pas étonnant que ces lourds oiseaux, chassés sans doute à outrance, aient vu leur nombre diminuer rapidement, comme diminue celui des Émeus en Australie, sans faire intervenir d'autres causes que celle-là.

Y a-t-il encore des Moas vivants aujourd'hui ? La question a été controversée. Le docteur Thomson, qui a fait de sérieuses études *de visu* (1) sur les gisements d'os fossiles de la Nouvelle-Zélande, se prononce pour la négative. Pour lui, ces oiseaux sont éteints au moins depuis deux siècles. A sa connaissance, aucun Maori n'a vu, ni entendu parler de quelqu'un de ses compatriotes qui en aurait vu un seul vivant. Les traditions des naturels, à ce sujet, sont très-vagues : elles témoignent pourtant que quelques Moas ont existé dans l'archipel en même temps que la race d'hommes qui le peuple aujourd'hui. Tasman, quand il découvrit la Nouvelle-Zélande en 1642, n'eut que peu de rapports avec les habitants : il n'y a rien d'étonnant qu'il n'ait jamais eu connaissance des Moa. Cook, placé dans des circonstances bien meilleures, n'en entendit jamais parler : on lui signala seulement un grand Lézard. Quelques tribus des districts du nord, où il est vrai qu'on n'a jamais trouvé d'ossements, ne connurent les Moas que par les questions des Européens. Quant aux récits de quelques résidents qui auraient vu de ces grands oiseaux vivants en 1823 et en 1842, M. Thomson n'y ajoute aucune foi : tout au plus peut-il les considérer comme les effets d'une imagination exaltée chez des hommes portés au merveilleux par leur genre de vie. L'état de conservation dans lequel certains débris ont été rencontrés n'est pas, pour lui, une preuve de leur peu d'antiquité : il peut résulter de la nature antiseptique du sol et d'autres circonstances, comme cela a eu lieu pour les Mammouths en Sibérie.

Cependant des faits plus récents peuvent faire revenir sur les dénégations du docteur Thomson. Le *Nelson Examiner*, du 20 juin 1861, rapporte la découverte, à deux reprises, d'empreintes toutes fraîches, vues vers cette époque aux environs de la ville de Nelson, dans l'île du Milieu. Ces empreintes avaient quatorze pouces de longueur, sur onze pouces de largeur à l'extrémité des *trois* doigts étendus, et étaient écartées l'une de l'autre de près de trente pouces. En examinant le squelette d'un Moa conservé à Nelson, on trouve huit pouces 1/2 pour la longueur du grand doigt dépouillé de tous ses téguments. Dans ce district, il y a beaucoup de cavernes semblables à celles dans lesquelles on avait trouvé, deux ans auparavant, une grande quantité d'ossements de Moas.

Dans la séance du 8 novembre 1863, de la *Société philosophique et littéraire de Manchester*, M. Clay fit une communication sur des empreintes récentes vues dans l'île du Milieu par plusieurs personnes, et sur un Moa vivant haut de huit pieds, rencontré près de la rivière de Buller, à la côte ouest de l'île du Milieu. Il donne même une description sommaire de l'oiseau, de son attitude, de la manière dont il se nourrissait, de son plumage, etc.

Le 16 juin 1864, M. Allis lut, à la Société Linnéenne de Londres, un mémoire sur un squelette trouvé près d'Otago, accompagné des restes de quatre jeunes de la même espèce, probablement le *Dinornis robustus*, Owen. Ces débris étaient dans un état de conservation étonnant ; une partie des cartilages, de la peau et des plumes y adhéraient encore, le tout enseveli sous un monceau de sable. L'avis de M. Hooker était que ces restes avaient pu être préservés de la destruction par de la

(1) *Moa* est le nom de la Poule commune dans la plupart des archipels de la mer du Sud. Elle n'existait pas à la Nouvelle-Zélande à l'époque de Cook. (H. J.)

(2) On dit même qu'on a trouvé, en 1866, à la Nouvelle-Zélande, le squelette d'un oiseau, haut de 25 pieds environ, et qui serait autre qu'un Moa. (H. J.)

(1) *On the « Moa » caves of N.-Zealand*, par le docteur Thomson (*Nouveau Journal philosophique d'Édimbourg*, vol. de 1854).

glace; mais, à l'endroit de la trouvaille, on n'a jamais constaté de glace durable et permanente. D'après M. Huxley, ces oiseaux seraient morts depuis dix à douze ans.

Telles sont les principales preuves à l'appui des deux opinions contraires, et jusqu'à ce qu'on ait enregistré des faits nouveaux, bien authentiques, il sera difficile de dire au juste où est la vérité. Il pourrait bien se faire que quelques-uns de ces gigantesques oiseaux vécussent encore dans les solitudes où les Maoris, et *à fortiori* les Européens, n'ont jamais pénétré. Les Moas semblaient se retirer dans des cavernes pour mourir; car c'est là qu'on a très-souvent trouvé leurs restes. Peut-être vivaient-ils en plaine, comme les Émeus de la Nouvelle-Hollande, et se sont-ils enfuis dans les solitudes des montagnes pour se dérober aux hommes? Les traditions les représentent comme des animaux d'une nature indolente, très-gras, stupides, ce qui concorderait assez bien avec la forme aplatie de leur crâne. Ils avalaient probablement des pierres pour faciliter la digestion : presque toujours, auprès des ossements, on remarque un petit tas de cailloux de la grosseur d'une noix. Ceci semblerait indiquer que leur nourriture était végétale.

IV. — *Reptiles*.

M. R. P. Lesson ne signale qu'une espèce de Scinque à la baie des Iles; je dirai que l'impression qui m'est restée de la même localité, près de quarante ans après, est encore plus négative, car je n'y ai pas vu le moindre reptile. Cependant la Nouvelle-Zélande n'est pas tout à fait aussi pauvre en animaux de cette classe que pourrait le croire un voyageur ne faisant que passer, quoique leur nombre soit bien restreint en comparaison de ce qu'on voit sur le continent australien : ainsi il n'y a pas de serpents à la Nouvelle-Zélande, et la Nouvelle-Hollande en a peut-être vingt espèces dont les quatre cinquièmes sont, dit-on, venimeux.

D'après les Maoris, les Lézards et les Geckos, qui composent à peu près toute la faune erpétologique de l'archipel, étaient plus communs autrefois : l'introduction des chats aurait beaucoup contribuer à en diminuer le nombre, ainsi que les grands feux allumés dans les herbes et les fougères.

Les naturalistes de la *Novara*, pendant leur séjour à Auckland, ont catalogué neuf espèces de reptiles, ainsi réparties : *Geckoniens*, 5; *Scinques*, 3; *Batraciens* (Grenouilles), 1.

Un Scinque (*Tiliqua zelandica*, Gray), *Iguane* des colons, *Rouatara* des Maoris, paraît être confiné aujourd'hui dans les îlots du détroit de Cook. Les naturels le redoutent extrêmement, quoiqu'il soit tout à fait inoffensif.

Une espèce de Saurien, *Touatara* des indigènes (*Hatteria punctata*, Gray), a été trouvée, il y a peu d'années, sur un petit îlot basaltique de la côte E. de l'île du Nord. Elle semble, à la première vue, appartenir au genre Agame; sa structure intérieure la rapproche, plus que toute autre espèce vivante, du Saurien fossile dont M. Huxley a fait le type du genre *Hyperodapedon*. Les premiers individus vivants ont été tout récemment apportés en Angleterre (novembre 1868).

Un résident anglais, le même qui aurait vu des Loutres ou des Castors, aurait eu aussi en sa possession pendant quelque temps, enchaîné comme un chien, un Lézard long de 1^{m},20, *dont les pareils seraient très-communs dans le lac du Jade vert*, (île du Milieu). Ce grand Lézard, dont l'existence me paraît, jusqu'à meilleur informé, très-problématique, aurait-il quelque chose de commun avec ceux qui furent signalés à Cook, à son troisième voyage, et dessinés devant lui par les naturels du Port de la Reine Charlotte? Ils vivaient dans des terriers où les naturels les enfumaient; mais il arrivait quelquefois à ceux-ci de voir quelques-uns des leurs dévorés par ces animaux, qui avaient au moins huit pieds de long et étaient gros comme un homme. Il est étonnant qu'on n'en ait plus entendu parler depuis lors.

Malgré les plaintes d'un voyageur, Polack, que leur tapage aurait empêché de dormir, on ne connaissait pas les Grenouilles à la Nouvelle-Zélande, lorsque des chercheurs d'or en trouvèrent *quatre* petites, en 1852, au Port-Coromandel, à sept ou huit lieues d'Auckland. Une autre fut vue, vers le même temps, dans le voisinage de cette ville. Les naturels en signalaient une grosse espèce dans l'île Mana. La croyance générale était que ces Grenouilles étaient venues de Sydney avec quelque navire; mais l'expédition de la *Novara* en a découvert une espèce, *Leiospalma Hochstetteri*, Fitz., qui paraît particulière aux environs d'Auckland.

On dit que quelques Serpents sont venus aussi de Sydney sur des navires : le fait n'aurait rien d'étonnant, il s'est présenté ailleurs. Sur les côtes on pêche quelquefois des Tortues marines, mais je n'ai pas eu occasion d'en voir.

V. — *Poissons*.

Les côtes sont très-poissonneuses, et le poisson entre pour beaucoup dans la nourriture des indigènes. Certaines espèces rappellent les mers tropicales, tandis que d'autres ont des formes plus particulières aux mers tempérées. Un Caranx est même, selon Cuvier et Valenciennes, tout à fait semblable au *Caranx trachurus* des mers d'Europe. Celui-ci se trouve aussi à Port-Jackson, en Australie, et sur les côtes de l'Afrique méridionale (1). A la baie des Iles, la pêche nous a procuré : une petite Clupée, un Spare long de plus d'un mètre, des Muges énormes; le *Pagrus guttulatus*, Less.; le *Centropristis truttaceus*, Cuv. et Val., que les colons appellent Saumon; un Trigle (*Trigla koumou*, Less.); l'Upéné à museau poreux, l'*Uranoscopus cirrosus*, Cuv. et Val., le *Labrus pœcilopleurus*, Cuv. et Val., le *Caranx Forsteri*, id., l'*Hippocampe ventru*, Less., etc. Le Pagre à gouttelettes, *Snapher* des colons, qui ressemble aux Brèmes de mer de nos côtes, est très-abondant en certains lieux : le nom de *Bream-head* a été donné par Cook au cap Téwara, à l'entrée du golfe d'Auckland, à cause de la pêche miraculeuse qu'il y fit de ces poissons. Presque toutes ces espèces se retrouvent à la Nouvelle-Hollande et à la terre de Van-Diémen. On rencontre le *Caranx Forsteri* à l'île Maurice, à la côte de Malabar, à Célèbes, à la Nouvelle-Guinée, à la Nouvelle-Irlande, à Vanikoro, à la Nouvelle-Calédonie, etc.

Nous avons pris également des Tétrodons, un Baliste à la peau chagrinée et brune, une espèce de Plie, une Raie pastenague dont les débris étaient communs sur toutes les plages.

Les naturels nous ont signalé plusieurs poissons sous les noms qu'ils leur donnent; le temps nous a manqué pour les examiner. Nous avons pu seulement reconnaître un Éperlan, un Congre ressemblant beaucoup à celui de nos mers, une ou deux espèces de Lamproies (?), et quelques Blennies. Les navigateurs parlent d'une espèce de Morue, commune à la presqu'île de Banks, et ressemblant beaucoup au Lieu (*Gadus pollachius*, L.) des côtes de France, mais je n'ai pas eu l'occasion de vérifier le fait.

(1) Steindachner, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Vienne*.

Les Maoris donnent le nom générique de *Mango* ou *Mako* aux Requins, et à une espèce d'*Aiguillat* qui diffère très-peu des nôtres. Parmi les Squales, quelques-uns semblent avoir conservé des caractères d'un autre âge. Le *Carcharias megalodon*, dont les débris se rencontrent dans le *Red-crag* de l'Angleterre, se retrouve, paraît-il certain, à la Nouvelle-Zélande, à la fois vivant et fossile. Le *Touatini* des Maoris, espèce d'Ange de très-grande taille (1), a des dents identiques avec les dents trouvées dans l'argile de Londres.

Au mois de décembre 1862, j'ai été témoin d'un accident terrible, arrivé à un habitant d'Auckland qui se baignait à toucher le rivage, par le fait d'un énorme Requin. A cette époque, plusieurs de ces poissons rôdaient dans la rade ; l'un d'eux, tué d'un coup de harpon, mesurait près de 4 mètres de long. Il appartenait à l'espèce *Carcharias leucas*, Val., répandue dans l'hémisphère austral.

Les Marteaux (*Zygæna.....*) sont représentés par une espèce au moins. Excepté les Anguilles, qui arrivent à des dimensions remarquables, et sont très-nombreuses et très-utiles aux indigènes, les eaux douces ne me paraissent nourrir que de petites espèces. La plus commune est l'*Ioranga* (*Eleotris basalis*, Taylor), longue de 10 à 12 centimètres, et qu'on voit figurer sur les tables sous le nom de Truite.

VI. — *Mollusques.*

M. Gray fait la remarque que beaucoup des coquilles de la Nouvelle-Zélande sont plus grandes et plus belles que les espèces des mêmes genres rencontrées aux latitudes correspondantes de l'hémisphère nord, surtout pour ce qui concerne les coquilles terrestres. Quelques-unes appartiennent à des genres qui n'ont été observés, dans l'hémisphère boréal, que dans les régions les plus chaudes.

Les expéditions françaises ont fait connaître une grande quantité des Mollusques de la Nouvelle-Zélande, qu'on trouve décrits avec le plus grand soin, à la suite des relations de ces voyages, par MM. Lesson, Garnot, Quoy, Gaimard, Hombron, Jacquinot, et figurés dans les atlas. L'expédition de la *Novara*, les travaux des naturalistes anglais, ont augmenté la somme de nos connaissances. En joignant à ces observations diverses les miennes, malheureusement peu nombreuses, je trouve à cataloguer 115 espèces bien définies, ainsi partagées : *Céphalopodes*, 6; *Gastéropodes*, 75; *Acéphales*, 31; *Cirripèdes*, 3. Il est probable que ce nombre est très-inférieur à la réalité.

Les principales formes des coquilles marines univalves sont les Troques, les Turbos, les Pourpres, les Fuseaux, les Patelles, etc. Le genre Cône, si commun dans l'Océanie, ne m'a pas paru représenté ici. Les Oscabrions comptent une dizaine d'espèces. Les coquilles bivalves sont assez nombreuses. Il me semble avoir remarqué, du reste, que ces coquilles augmentent en quantité et en variété, dans le Pacifique austral, à mesure qu'on s'écarte de l'équateur.

Parmi les espèces remarquables de Mollusques testacés, je citerai l'*Helix Busbyi*, qui a quelquefois 0^{m},08 de diamètre. Son habitat est la cime des grands arbres d'où les vents impétueux la font tomber; de là le nom de *coquille du ciel* que lui donnent les Maoris. — Le *Bulime de Shongi*, Less. — *Turbo imperialis*, Less., particulier à la Nouvelle-Zélande, rare.— *Triton variegatus*, Less., qu'on rencontre dans la plupart des archipels du Pacifique; à la Nouvelle-Zélande, il paraît confiné à l'extrémité septentrionale de l'île du Nord. — *Voluta magnifica*, — *Haliotis australis*, Gmel. — Plusieurs espèces d'Huîtres excellentes, — des Peignes variés et comestibles. — De grandes Moules, — *Pinna zelandica*, aux valves longues de 0^{m},30, lustrées à l'intérieur, très-fragiles, etc., etc.

Le *Typhis pungens*, qu'on rencontre à l'état fossile dans la formation éocène, serait, selon quelques auteurs, encore vivant à la Nouvelle-Zélande. Quelques espèces de Térébratules s'y trouvent aujourd'hui vivantes, et plus ou moins fossilisées. Les scories de quelques-uns des cratères qu'on voit aux environs d'Auckland montrent de fréquents exemples de coquilles bivalves qu'on retrouve dans la mer voisine.

VII. — *Annélides, Crustacés, Arachnides.*

Quelques espèces de Serpulaires.

Les naturalistes de la *Novara* ont ainsi réparti les Crustacés que leur a fournis leur séjour à Auckland : *Brachyures*, 17 espèces ; *Anomoures*, 4 ; *Macroures*, 8; *Stomapodes*, 2 ; *Isopodes*, 3 : soit 34 espèces, parmi lesquelles 6 nouvelles (1).

M. Dana, dans l'*United States exploring Expedition*, a fait connaître une dizaine de *Talitres*, d'*Orchesties* et d'*Amphiloe*, qui paraissent propres à la Nouvelle-Zélande.

J'ai remarqué, sur les rochers de la baie des Iles, des Crabes nombreux dont quelques-uns étaient remarquables par leurs belles couleurs. J'ai été frappé de la ressemblance que quelques-uns avaient avec des espèces de nos mers. Cette remarque avait déjà été faite par M. H. Lucas, sur l'examen des Crustacés rapportés par la dernière expédition de d'Urville. Le *Maia australis*, Hombr. et Jacq., peut-être le seul représentant du genre dans l'hémisphère austral, rappelle en petit le *Maia squinado* de nos côtes. Le *Platycarcinus Novæ-Zelandiæ*, H. et Jacq., a la plus grande analogie avec le *P. pagurus* de la Méditerranée, le *P. irroratus* du Nord-Amérique et le *P. longipes* du Chili. Le *Portunus antarcticus*, Hombr. et Jacq., est presque semblable au *P. puber* des côtes de France. Il n'y a pas de Homards, mais on trouve abondamment une grande Langouste sur toutes les côtes rocailleuses. Les Maoris l'appellent *Koura*, et donnent le même nom à un Palémon (?) qui vit dans les eaux douces.

On connaît une dizaine d'Araignées (2), dont une, le *Katépo* des naturels, est vénéneuse : c'est l'opinion des Maoris, et je la trouve confirmée par les expériences faites sur une souris, dont on lit le compte rendu dans les *Proceedings* de la Société Linnéenne de Londres, 1857. Le *Katépo* vit dans les broussailles qui couvrent ordinairement les dunes sablonneuses des rivages. Adulte, il est d'un beau noir, avec une bande rouge orangé sur le dos. Cette espèce n'est-elle pas la même qu'une espèce de *Micrommate* de la Nouvelle-Calédonie, qui passe pour très-dangereuse ? J'ai tout lieu de le penser.

VIII. — *Insectes.*

L'impression qui m'est restée de mes excursions aux environs d'Auckland et à la baie des Iles, est que le pays n'est pas très-riche en insectes. Je me suis cependant trouvé deux fois dans ces localités, dans des circonstances favorables, au

(1) Ce poisson atteint quelquefois 4 mètres de longueur. (H. J.)

(1) *Lupa hirsuta. Metaplax hircipes. Heterograpsus barbigerus. Clibanarius barbatus. Caredina curvirostris. Alpheus socialis.*

(2) Voici les espèces dues à l'expédition de la *Novara* : *Mygala Fodieni, Amaurobius ferox, Drassus lutescens, Dolomedes limbatus, Tetragnatha extensa, T. argentata, Epeira depressa, Theridium sisyphum, T. triste, Argyroneta aquatica.*

le l'été. La même impression a été ressentie par d'au-
yageurs, beaucoup plus compétents.
rès M. Adam White, les espèces de coléoptères ne sont
mbreuses. Les Cicindélides, les Carabiques, les Curcu-
s et les Longicornes sont singulièrement caractéris-
de la faune entomologique de la Nouvelle-Zélande, si
compare avec les mêmes familles dans n'importe
partie de la Nouvelle-Hollande. Au contraire, les Céto-
les Buprestides et les Chrysomélides, si abondants
resque tout le continent australien, manquent, ou sont
uvrement représentés à la Nouvelle-Zélande.
. Blanchard a décrit et déterminé 24 coléoptères dus
llections de la dernière campagne de d'Urville; il a fait
tre également quelques espèces des îles Auckland qui
ivent probablement aussi dans l'archipel néo-zélan-
). Les naturalistes de la *Novara* ont augmenté le
e des coléoptères, et principalement celui des ortho-
(2). Les navigateurs ont amené, dans les ports du
es Cancrelats (*Blatta americana?*) ; le pays en possédait
ne espèce très-ressemblante à celle d'Australie.
trouvons encore une *Punaise des bois*, qui envahit les
e jonc des indigènes et répand une odeur intolérable ;
espèces (ou variétés ?) de Cigales ; des Panorpes, très-
ntes dans les bois ; une grande Libellule, une grande
de Fourmi rouge, plusieurs petites Fourmis noires.
lépidoptères sont peu nombreux. On compte tout au
e vingtaine de papillons, tant diurnes que nocturnes
pusculaires ; le nombre des individus est sans doute
estreint, car on n'en voit que rarement. Je citerai la
a Cardui, qu'on retrouve en Australie et en Europe, et
phinx (3), dont les chenilles vivent sur les feuilles des
douces (*Ipomœa batatas*).
Maoris accusent les Européens de leur avoir apporté
ustiques (*Culex*...), c'est possible ; la Nouvelle-Zélande
as la seule terre de la mer du Sud à laquelle on nous
d'avoir fait ce triste cadeau. Nous avons importé la
e domestique. L'Australie a aussi fourni son contingent
ches ; mais déjà Cook signalait, sur plusieurs points,
ses Mouches à viande bleue (*Calliphora*...), ressem-
celles d'Angleterre. Nous avons vu la même espèce
Nouvelle-Calédonie, où elle était extrêmement funeste
veurs de moutons. Cook trouva également les Mouches
e (*sand Fly* des Anglais), qui sont, dans quelques con-
haudes, un vrai tourment pour les arrivants.
rand navigateur n'avait pas eu d'abord trop à s'en
e, mais il revint sur cette impression favorable pen-
a première visite à la baie Dusky, quoiqu'on fût en
iver et par 46° de latitude. Il y a quelques années,
on fit l'hydrographie de la partie S.-O. de l'île du
ces misérables insectes furent un obstacle sérieux
s explorateurs (4).

ne des principales espèces de coléoptères néo-zélandais est le
zelandicus, Hombr. et Jacq., grand Cerf volant qu'on rencon-
es dunes de sable. (H. J.)
es principaux genres d'orthoptères représentés, quelques-uns
spèces nouvelles, sont : *Forficula*, *Nauphoeta*, *Locusta*, *Mantis*,
, *Gryllotalpa* (*G. africa*, Pal. Beauv.), *Pezotettix*, etc.
'est sur la chenille de l'un de ces Sphinx qu'on rencontre
productions végétales les plus curieuses du pays, le *Sphæria*
a. (H. J.)
u'on ne prenne pas cela pour une exagération ! J'ai encore pré-
l'esprit les tortures que j'ai eues à souffrir, pendant mon long
ux îles Marquises, de la part des *Nono*, que les naturels nous
accusent de leur avoir apportés : ce qu'il y a de certain, c'est que celles des îles de l'archipel des Marquises qui ont été peu fréquentées par les navires en sont encore à peu près privées. A Noukahiva, ces insectes rendent la vie insupportable dans les premiers temps, alors que le sang n'est pas encore appauvri par la chaleur du climat. Heureusement que la nuit ils se reposent ; sans cela, il n'y aurait pas de sommeil possible. Le seul remède que nous avions trouvé était de gratter les cloches faites par les *Nono*, et même de les percer avec un instrument tranchant, de manière à faire une plaie sur laquelle on étendait une pommade composée de cérat et de sulfate de cuivre. Ce remède pouvait avoir de graves inconvénients ; mais, au moins, il opérait une sorte de cautérisation qui faisait cesser les démangeaisons. (H. J.)

IX. — *Animaux rayonnés.*

Je n'ai que peu de chose à dire sur les animaux de cet embranchement, comme partout très-nombreux, mais dont l'examen m'aurait demandé beaucoup de temps, et surtout des connaissances que je suis loin de posséder. Je citerai seulement une grosse Holothurie, deux Astéries, l'une à douze rayons avec un corps très-petit, l'autre à cinq seulement, deux Actinies, deux Méduses, un Spatangue, quelques Oursins, quelques Polypiers dans les anfractuosités des rochers du rivage.

Tel est, à grands traits, le tableau de la création animale à la Nouvelle-Zélande. Il est bien incomplet, mais je crois pourtant qu'il peut donner une idée assez nette de la faune de cette contrée. De ce qui précède, on peut conclure, il me semble, combien elle diffère de celle de la Nouvelle-Hollande et de la Tasmanie, beaucoup plus que le voisinage et la latitude ne pourraient le faire supposer. Par le manque presque absolu de mammifères, le petit nombre des Oiseaux, la pénurie des reptiles, le nombre assez restreint des insectes, et la prédominance de certaines familles de ces derniers, elle semble se rapprocher beaucoup plus de la faune des petits archipels du Pacifique oriental plus voisins de l'équateur, et de celle de la Nouvelle-Calédonie. Il y a, dans cette contrée, encore beaucoup de points à explorer, encore vierges des pas de l'homme ; il est probable que le nombre des espèces connues d'animaux s'augmentera, mais il n'est pas à supposer qu'on fasse des découvertes capables d'apporter des modifications radicales aux conclusions que je viens de formuler.

On a pu voir aussi que la Nouvelle-Zélande a conservé quelques formes animales d'un autre âge géologique, mais qu'elles tendent à disparaître peu à peu ; que, dans ce pays, on assiste à un changement analogue aux changements qui ont modifié d'autres parties de la terre. La végétation montre aussi des caractères d'autres époques ; les plantes aquatiques ont de grands rapports avec certaines plantes aquatiques fossiles des dépôts de charbon de l'Angleterre. Le caractère des racines des grands arbres dans les forêts de l'archipel néo-zélandais, qui courent sur le sol, le couvrant, pour ainsi dire, d'un vaste réseau, appartient aux forêts des premiers âges. Sur 632 plantes récoltées par le révérend Taylor, 89 se retrouvent dans la partie méridionale du continent américain, distant de quinze cents lieues, 77 sont communes à l'Australie, à l'Amérique du Sud et en partie à l'Europe. Faut-il voir dans ces végétaux des débris d'une flore qui, à une certaine époque, s'étendait sur un continent aujourd'hui disloqué ? Ce qu'on peut affirmer avec certitude, c'est que la Nouvelle-Zélande, la colonie la plus récente de l'Angleterre, est, au point de vue géologique, beaucoup plus vieille que la mère patrie.

H. JOUAN.

COLLÉGE DE FRANCE

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE (1)

COURS DE M. CLAUDE BERNARD
de l'Institut de France et de la Société royale de Londres

XX

Effets du curare sur les fonctions de l'organisme.

Nous savons maintenant que lorsqu'on emploie des doses fortes de curare et qu'on opère sur des petits animaux vigoureux et bien portants, le nerf moteur perd ses propriétés d'un bout à l'autre d'un seul coup, de telle sorte qu'en faisant l'autopsie immédiate, on voit que les nerfs ne réagissent plus sur les muscles. Avec des doses très-faibles ou bien chez des animaux malades ou affaiblis, ainsi que je l'ai souvent constaté chez des grenouilles gardées longtemps en abstinence dans les laboratoires, la marche de l'empoisonnement est très-lente après la mort : c'est-à-dire qu'à la cessation de la respiration et à la résolution des membres, on trouve que les troncs nerveux peuvent encore réagir sur les muscles. Mais chez les grands animaux, et particulièrement chez les chevaux, sur lesquels le curare agit, moins peut-être parce que la température du sang est plus basse et les pulsations plus lentes chez ces animaux que chez d'autres mammifères, — la mort, c'est-à-dire le décrochement des nerfs de la moelle et la cessation de la respiration, arrive lorsque les troncs des nerfs peuvent encore très-bien faire contracter les muscles auxquels il se rendent. Alors l'empoisonnement des nerfs n'est réellement pas complet, et, dans ces conditions, on voit très-bien que la racine motrice, soit dans la moelle, soit en dehors, a déjà perdu ses propriétés d'exciter les muscles, tandis que le reste du nerf les conserve encore.

En expérimentant sur des chiens, j'avais cru remarquer qu'à la réunion des deux racines il se produisait un temps d'arrêt dans la marche de l'empoisonnement du nerf moteur, et je supposais naturellement qu'il y avait là quelque chose qui expliquait ce fait. Mais je n'ai pas trouvé ce résultat d'une manière constante, et il est probable qu'il tenait à un incident de l'expérience. En effet, quand la respiration cesse et que la mort arrive, la marche de l'empoisonnement s'arrête au point où elle était arrivée; mais le nerf qui ne peut plus subir l'influence du curare, puisqu'il n'y a plus de circulation, se met alors à mourir naturellement. Comme la mort naturelle marche dans le même sens que la mort par le curare, il semble que c'est celle-ci qui recommence à se produire après un certain temps d'arrêt, tandis que c'est en réalité un phénomène nouveau qui commence. Il est probable que si l'on pratiquait la respiration artificielle, ce temps d'arrêt ne se produirait plus parce que l'action du curare continuerait à s'exercer. Néanmoins, ce phénomène que j'ai vu aussi pour d'autres genres de mort mérite d'être repris et étudié avec soin. Enfin, j'ajouterai que l'emploi de la respiration artificielle amène chez les animaux mammifères un refroidissement général qui modifie la marche de la mort dans le nerf et la rend quelquefois beaucoup plus lente. Chez les animaux refroidis artificiellement ou chez les hibernants engourdis, la réfrigération des éléments les rend, comme on sait, bien
moins sensibles à l'action des poisons, et par conséquent pl
résistant à la mort. Il y a plus : la réfrigération peut calm
et même arrêter l'action toxique, etc. Toutes ces conditio
doivent donc entrer en ligne de compte dans nos explicatio
parce qu'elles modifient les effets des poisons.

L'influence du curare sur les diverses fonctions de l'org
nisme a donné lieu à un certain nombre d'observations q
concernent surtout le système circulatoire et les glandes.

Hier encore, nous avons fait l'expérience suivante: l
chien de forte taille a reçu une dose de curare insuffisan
pour l'empoisonner complétement (2 centigrammes). Puis
a sectionné le conduit excréteur de la glande salivaire so
maxillaire, et l'on a placé dans ce conduit un tube facilit
l'écoulement de la salive au dehors. On a obtenu ainsi u
sécrétion constante des deux côtés, c'est-à-dire dans les de
glandes sous-maxillaires. Dans l'état normal, au contraire,
sécrétion est intermittente ; elle ne se produit que sous l'
fluence d'irritations de divers genres agissant sur la lang
et, quand on mange, par suite de l'excitation provoquée pa
contact des matières alimentaires.

J'avais fait autrefois l'expérience d'une autre manière
cette même glande sous-maxillaire. J'injectais directem
dans l'artère carotide, — qui dessert la glande salivaire so
maxillaire, — une quantité de curare assez grande pour a
sur cette glande, mais pas assez pour tuer l'animal, et j'ob
nais également ainsi une sécrétion continue de la salive.
reste, j'aurais même pu administrer au chien une dose t
que de curare en l'injectant directement dans l'artère d
glande. Il aurait suffi de couper la veine qui sort de c
glande pour empêcher le curare de pénétrer dans la circ
tion générale et d'aller empoisonner l'animal. Ce sont là
expériences d'intoxications partielles que j'ai pratiquées
puis longtemps, et qui peuvent devenir très-instructives.

Ainsi, le curare a pour effet de provoquer et de rendre c
tinue la sécrétion des glandes salivaires. Ce fait n'est p
particulier à ces glandes. M. Kölliker a montré que la mê
action se produisait sur les reins, je l'ai constaté égalem
pour les glandes lacrymales; il semble donc qu'il en soit ai
pour toutes les glandes de l'organisme. Cette action s'exe
notamment encore sur la sécrétion glycogénique du foie, et
a pour résultat de rendre l'animal diabétique, ainsi que je l
constaté depuis très-longtemps chez des animaux emp
sonnés par le curare auxquels on pratiquait la respirat
artificielle. Certains auteurs ont cru que le diabète é
l'effet de la respiration artificielle : ce qui est erroné,
vous avez vu que, chez des lapins empoisonnés à la limite
sur lesquels on ne pratique pas de respiration artificielle,
diabète momentané se manifeste également très-bien.

Un autre effet très-remarquable du curare, c'est l'exalt
tion de la circulation. On remarque une vascularisation gé
rale sous la peau dans toutes les régions du corps, mê
dans les cavités splanchniques, et les oreilles deviennent tr
chaudes. Ces phénomènes ont été observés aussi ch
l'homme, et ils en arrivent quelquefois à produire la fièv

MM. Liouville et Voisin ont essayé d'appliquer scientifiq
ment le curare au traitement de l'épilepsie. Cette idée é
en quelque sorte indiquée, et l'on savait d'ailleurs p
M. Boussingault qu'un général colombien, sujet à des attaqu
d'épilepsie, prenait, pour les éviter les jours où il dev
rester longtemps en public, où il avait des revues à passer p
exemple, des pilules au curare qui lui paraissaient efficace

(1) Voyez ci-dessus pages 98, 135, 155, 194, 258, 295, 310, 332, 346, 381, 392, 446, 504, 541, 573, 591 et 665, 16 et 30 janvier, 6 et 27 février, 27 mars, 10, 17 et 24 avril, 1er, 15, 22 mai, 12 juin, 10, 24 juillet, 7 et 14 août, et 18 septembre 1869.

MM. Liouville et Voisin ont employé des doses progressivement croissantes : ils ont obtenu peu de résultats au point de vue de la guérison de l'épilepsie; mais ils ont recueilli quelques remarques physiologiques fort intéressantes. Le curare provoquait des accès de fièvre présentant tous les caractères ordinaires : exaltation du pouls, chaleur, sueur, frisson, etc.; ces accès s'éteignaient d'eux-mêmes comme les accès naturels.

Voici un lapin qui a reçu du curare et sur lequel vous pouvez constater une vascularisation générale, la calorification exagérée des oreilles, en un mot tous les phénomènes que nous venons d'énumérer et qui caractérisent un accès de fièvre.

Il s'agit d'expliquer tous ces faits avec l'action unique du curare sur les nerfs moteurs; car je pense toujours que c'est une action unique, et c'est même l'exemple de l'action la mieux délimitée que je connaisse. Cette explication est devenue plus facile depuis que j'ai reconnu la marche vraie de l'empoisonnement par le curare.

Il faut bien se garder en physiologie, et je vous le répète à satiété, tant j'y attache d'importance, de chercher à mettre les diverses expériences en opposition les unes avec les autres. Les phénomènes ont des conditions complexes; ils sont plus ou moins lents, et souvent on les observe à des périodes différentes : voilà pourquoi les expériences ne donnent pas toutes des résultats identiques. Ce qu'il faut, c'est de réunir toutes ces périodes pour reconstituer l'ensemble des phénomènes et saisir la marche réelle. Supposez, par exemple, qu'en observant la fièvre, un physiologiste ne remarque que l'accélération du pouls, un autre que la sueur, un troisième que le frisson, etc., et que chacun veuille résumer la fièvre dans le seul phénomène qu'il aurait observé : il aurait évidemment tort. Il en est de même pour le curare. Si on ne l'administrait jamais qu'à la dose faible qu'a reçue ce lapin, dont les membres sont paralysés, mais qui respire encore, on se ferait assurément une idée fort incomplète de son action.

C'est surtout pour le système nerveux grand sympathique que cette cause d'erreur s'est produite. Le grand sympathique, comme le système cérébro-spinal, se compose de nerfs sensitifs et de nerfs moteurs. Ce ne sont pas des organismes différents par leur essence, quoiqu'ils présentent cependant des différences dans leurs intensités et dans leurs modes d'action. Le système grand sympathique prend du reste son origine dans la moelle épinière comme les nerfs ordinaires; mais on ne sait pas bien encore où et comment il finit.

Lors de mes premières expériences sur le curare, j'avais cru que le grand sympathique n'était pas atteint par ce poison. En effet, malgré l'administration du curare, le nerf pneumogastrique continuait à arrêter le cœur, la corde du tympan faisait toujours sécréter les glandes salivaires. M. Kölliker, qui, le premier après moi, fit des expériences sur ce sujet, obtint des résultats tout contraires. Il me le dit dans un voyage qu'il fit à Paris, et je vis moi-même en répétant ses expériences qu'il avait parfaitement raison. Mais il avait employé des doses de curare plus fortes, tandis que ce que j'avais observé d'abord n'était qu'un empoisonnement incomplet. Cependant, M. Vulpian aujourd'hui encore soutient que ma doctrine primitive est exacte, et que le grand sympathique échappe à l'action du curare.

Il est maintenant facile de tout expliquer sans contradiction. Lorsque l'animal tombe, c'est que les nerfs moteurs des membres sont décrochés de la moelle épinière, c'est-à-dire paralysés à leur origine médullaire et soustraits aux actions réflexes. Les muscles tombent en résolution, aucun autre irritant ne venant remplacer l'irritant cérébral qui est arrêté au passage. A ce moment, aussi, les nerfs sympathiques se décrochent de la moelle et hors des influences des actions réflexes. C'est alors que la vascularisation générale apparait. Mais cependant à ce moment les nerfs sympathiques dans leurs troncs conservent encore leurs fonctions, et quand on les excite avec le galvanisme par exemple, il faut encore contracter les vaisseaux. Voilà donc comment tout s'explique. Les nerfs moteurs sympathiques émergent de la moelle épinière et portent des racines antérieures tout comme les nerfs moteurs de la vie de relation. Ce sont en réalité des nerfs moteurs, mais ils perdent leurs propriétés d'excitabilité moins vite que les autres ; mais cela ne veut pas dire que le curare ne les atteigne que plus tard. Non, le curare les atteint de suite, seulement ces nerfs résistent plus longtemps à la mort dans leur tronc, parce que ce sont en quelque sorte des nerfs inférieurs. C'est là un fait général. Dans les nerfs sympathiques, les actions sont bien plus lentes. Ainsi, lorsque voulant faire contracter des vaisseaux, on irrite tout auprès les nerfs sympathiques qui les dominent, la contraction est très-lente à se produire. La mort par le curare se transmet aussi beaucoup plus lentement, et voilà tout.

Du reste la mort se produit dans tous les nerfs de la même manière. Le nerf moteur, comme tous les éléments histologiques, lorsqu'il va perdre ses propriétés, commence d'abord par les exalter. On peut facilement le constater sur des nerfs de grenouille avec l'appareil de Du Bois-Reymond qui gradue les excitations électriques et mesure par conséquent les degrés d'irritabilité du nerf.

Eh bien, lorsque le curare commence à agir, les nerfs moteurs sont plus excitables qu'à l'état normal. C'est ce qui produit dans les nerfs des muscles ces petites convulsions qu'on a observées avec des doses faibles ; avec des doses fortes elles se produisent sans doute aussi, mais beaucoup plus rapidement, de sorte qu'on n'a pas le temps de les voir. C'est également à cette première période de l'action du curare sur les nerfs vaso-moteurs que se rapporte le frisson qui précède la vascularisation, c'est-à-dire l'accès de fièvre. Puis, les sécrétions s'exaltent, et enfin les nerfs sympathiques cessent également de fonctionner.

La taille des animaux est aussi à considérer dans la mort des nerfs sympathiques. M. Kölliker expérimentait sur des lapins; c'est pour cela qu'il a toujours vu mourir les nerfs sympathiques. Chez les chiens, l'animal à empoisonner est plus gros et ses nerfs plus longs, de sorte que l'action est plus lente à se parfaire. Chez les grenouilles, pour lesquelles la dose employée est toujours relativement forte, il est impossible d'arrêter le cœur avec le nerf pneumogastrique.

Cet ordre de mort des divers nerfs moteurs, le curare est le seul corps qui le produise, mais c'est aussi le seul corps connu qui agisse directement sur les nerfs moteurs. Dans l'asphyxie ordinaire par exemple, — qu'il est tout naturel de rappeler ici, puisque c'est par asphyxie que le curare tue, — les phénomènes suivent précisément un ordre contraire, les nerfs de la vie organique meurent les premiers, et il en est ainsi dans tous les autres cas.

Le curare peut servir à expliquer le mécanisme de la fièvre puisqu'il permet de la produire. La substance ou la cause inconnue qui, dans les circonstances naturelles, engendre cette affection, doit agir d'une manière analogue. C'est en

l'action du curare qui m'a conduit à considérer le diabète comme une hypersécrétion du foie.

Le curare pourrait évidemment rendre des services en thérapeutique. Je vous ai déjà dit qu'on l'avait essayé contre l'épilepsie. On l'a employé également contre le tétanos; mais s'il est efficace dans ce cas, comme les expériences de M. Vella permettent de le croire, son action ne peut pas être un antagonisme ainsi qu'on l'a supposé ; il doit agir qu'à titre de diurétique, comme il fait dans l'empoisonnement par la strychnine, ou de quelque autre manière analogue. C'est de la même façon qu'il faudrait expliquer son efficacité contre l'épilepsie, dans le cas où elle s'établirait. Mais jusqu'ici les résultats thérapeutiques sont encore trop peu nombreux et trop isolés pour qu'on puisse en tirer des conclusions. Les résultats physiologiques au contraire sont parfaitement nets.

Outre les moyens de contention physiologique consistant dans l'emploi de certaines substances que nous venons d'étudier, il y a encore d'autres procédés physiologiques, par exemple la compression du cerveau. Vous avez pu remarquer du reste que toutes les substances employées comme moyens contentifs agissent sur les nerfs, soit pour détruire la sensibilité, soit seulement pour empêcher le mouvement.

J'ai connu un enfant qui avait les fontanelles molles, de telle sorte qu'on pouvait les comprimer : on provoquait ainsi le coma. Chez les animaux, on peut produire ce phénomène en pratiquant une couronne de trépan sans toucher à la dure-mère. On introduit ensuite par l'orifice un tampon de linge ou une éponge pour comprimer le cerveau, et on provoque ainsi le coma. Quand on retire l'éponge, tout rentre aussitôt dans l'état normal et la sensibilité reparaît comme devant.

Si les hommes avaient d'ordinaire les fontanelles molles comme l'enfant dont je parlais tout à l'heure, ce moyen d'anesthésie serait praticable. Chez les animaux on peut y suppléer par une couronne de trépan ainsi que nous venons de le dire. Il est fort curieux de remarquer que la compression du cerveau produit les mêmes effets que le curare et rend également diabétique l'animal qui la subit.

Nous terminons ici les leçons de ce semestre. Lorsque nous reprendrons ce cours, nous continuerons à marcher dans la même voie et nous étudierions les moyens, instruments ou procédés qu'on emploie dans les investigations sur les êtres vivants. Nous suivrons naturellement pour l'examen de ces procédés l'ordre des divers systèmes organiques. Nous commencerons par un système qui est fondamental, parce que c'est celui dans lequel vivent tous les autres : je veux parler du sang. C'est le milieu intérieur. Pour agir sur les autres éléments, il faut nécessairement passer par celui-là qui est le véhicule général de toutes les actions physiologiques.

Il est clair qu'on ne peut pas agir sur un animal entier, un homme, une espèce, une entité, etc. ; on ne peut agir que sur les éléments. Ce sont donc les éléments qu'il nous faut poursuivre, c'est sur eux que le médecin physiologiste doit chercher à agir et, pour cela, c'est dans le sang qu'il faut nécessairement pénétrer. Or, nous avons déjà vu en étudiant le curare que le sang peut être modifié de manière à devenir spécialement impropre à la vie de certains éléments déterminés. Il n'y a pas de substance agissant à la fois sur tous les éléments, chacune a son action propre et son lieu d'élection qu'il faut toujours déterminer pour connaître le mécanisme des actions pathologiques, toxiques et thérapeutiques.

FIN DU COURS.

COLLÉGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol des oiseaux (fin)

V

DE LA RÉACTION PRODUITE PAR CHAQUE MOUVEMENT DE L'AILE SUR LA MASSE DE L'OISEAU. — APPAREIL DESTINÉ A APPRÉCIER LES OSCILLATIONS QUE L'OISEAU EXÉCUTE DANS LE PLAN VERTICAL PENDANT LE VOL. — TRACÉS DES OSCILLATIONS VERTICALES RECUEILLIS SUR DIFFÉRENTES ESPÈCES D'OISEAUX. — DÉTERMINATION DES DIFFÉRENTES PHASES DE LA RÉVOLUTION DE L'AILE AUXQUELLES CORRESPONDENT LES OSCILLATIONS VERTICALES DE L'OISEAU. — DÉTERMINATION DES VARIATIONS DE LA VITESSE DU VOL. — TRACÉ SIMULTANÉ DES DEUX ORDRES D'OSCILLATIONS DE L'OISEAU DANS LE VOL.

L'étude des différents mouvements que l'aile exécute pendant le vol de l'oiseau conduit nécessairement à la recherche de l'effet produit par chacun de ces mouvements. On pourrait tenter de déduire ces effets de la nature même des mouvements qui les engendrent, mais il est plus sûr de demander à l'expérimentation la solution de ce problème qui est assez compliqué.

Deux effets distincts sont produits pendant le vol : d'une part, l'oiseau est soutenu contre la pesanteur ; d'autre part, il est soumis à une force propulsive qui le transporte d'un lieu à un autre. Mais l'oiseau soutenu dans les airs y garde-t-il un niveau sensiblement constant, ou bien subit-il des oscillations dans le plan vertical ? N'éprouve-t-il pas, par l'effet intermittent du battement de ses ailes, une série de remontées et de descentes dont l'œil ne saurait saisir la fréquence ni l'étendue ? — D'autre part, dans son transport horizontal, l'oiseau n'est-il pas animé d'une vitesse variable ? Ne trouve-t-il pas dans l'action de ses ailes une série d'impulsions qui donnent à son transport un mouvement saccadé ?

Ces questions peuvent être résolues expérimentalement, et voici de quelle manière :

Puisque nous disposons d'un moyen qui permet d'envoyer à distance et d'écrire des mouvements qui consistent en une pression sur la membrane d'un tambour plein d'air, il faut chercher à ramener les mouvements que nous voulons connaître à une pression de ce genre.

Il faut que les oscillations q[illegible]e l'oiseau peut exécuter dans le plan vertical produisent, sur [illegible] membrane d'un tambour, des pressions alternativement fo[illegible]es ou faibles suivant que l'oiseau monte ou descend. La mêm[illegible] marche devra être suivie dans la recherche des variations de [illegible] vitesse horizontale.

Supposons qu'un oiseau qui vole por[illegible]e, fixé sur le dos, un tambour métallique semblable à ceux q[illegible]e nous connaissons déjà. Que la membrane de ce tambour so[illegible] tournée en haut, et que cet instrument soit mis en communi[illegible]tion par un long tube avec l'appareil enregistreur. La memb[illegible]ne du tambour, obéissant à tous les mouvements de l'oiseau, [illegible] produira au-

(1) Voyez ci-dessus, pages 61, 171, 252, 578, 601 e[illegible], 26 décembre 1868, 13 février, 20 mars, 14, 21 août et 11 sep[illegible] 1869.

éplacement de l'air des appareils; le levier enregistreur ra immobile.

s si nous empêchions la membrane de subir tous les ements de l'oiseau, si nous pouvions lui donner une nce à garder un niveau constant, ce serait le tambour e déplacerait par rapport à la membrane, la soufflerie oduirait, et avec elle, les signaux enregistrés par le le-

cette tendance à la conservation du plan horizontal, nous ons l'imposer à la membrane; il suffit de la charger masse inerte; un disque de plomb, par exemple. — La e 116 montre le tambour qui porte sur sa membrane une e inerte. Cette masse est formée de disques de plomb on peut ajouter ou retrancher un certain nombre jusqu'à ie l'appareil réponde bien aux mouvements d'oscillation cale qui lui sont imprimés.

ec cette disposition, les mouvements de translation hori-le sont sans influence sur l'appareil, mais la moindre ation dans le sens vertical se traduit par un mouvement lable du levier enregistreur. En effet, si le tambour s'é-la masse inerte ne participant pas complétement à cette tion déprime la membrane, absolument comme si cette e avait été abaissée, le tambour étant immobile. Inver-nt, quand le tambour descend, l'inertie de la masse la rester en arrière du mouvement; c'est comme si elle été soulevée, le tambour étant immobile.

Pour éviter cet effet, je couvre d'un grillage métallique la partie supérieure de l'appareil, et j'obtiens la disposition qui est représentée figure 116.

Le tambour est représenté tenu à la main par son tube de transmission qui, d'autre part, communique avec un levier enregistreur. Si l'on agite le tambour dans le plan vertical, on voit que le levier s'agite dans le même sens, du même rhythme, et que l'amplitude des mouvements signalés est proportionnelle à celle des mouvements que l'on exécute avec la main. Si, au contraire, on imprime à l'appareil des mouvements de latéralité, ils restent sans effets sur le levier et ne donnent aucun signal.

Mais, dira-t-on, une masse inerte placée sur une membrane élastique tend à exécuter des vibrations propres. Il s'en suit qu'indépendamment des mouvements d'oscillation de l'oiseau, l'appareil devra transmettre les vibrations mêmes de la masse de plomb et de la membrane qui la porte. Comment se débarrasser de cette complication?

Les lois des vibrations nous apprennent que la durée de la double période de chacune d'elles varie avec la masse vibrante et avec la force élastique de la tige, de la lame ou de la membrane qui porte cette masse. Plus la masse est grande et l'élasticité faible, plus sera longue la période de la vibration. Or, les mouvements que nous étudions ici sont assez fréquents, certains oiseaux donnant huit ou dix battements d'aile par seconde. Si nous faisons en sorte que la période de

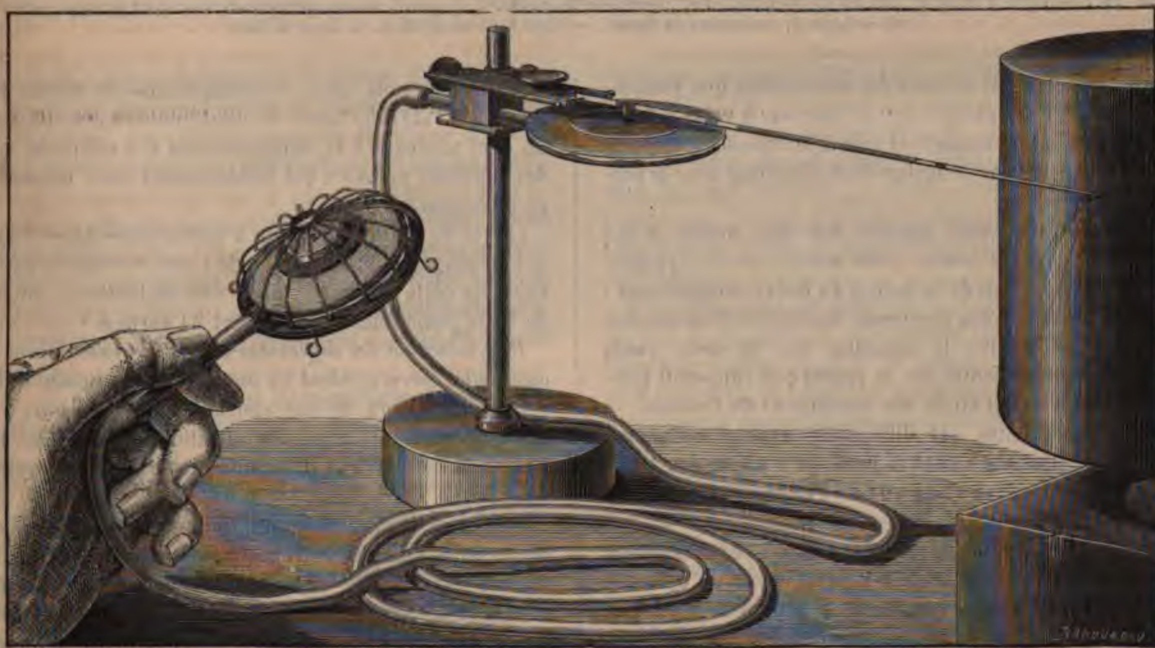


FIG. 116. — Appareil destiné à transmettre au levier enregistreur toutes les oscillations qui lui sont imprimées dans un plan vertical.

marquons que le mouvement du levier enregisteur se ve alors précisément du même sens que celui du tam-; c'est-à-dire que si le tambour s'élève, le levier s'élève i. En plaçant un appareil de ce genre sur le dos d'un oi-qui vole, il peut arriver que, dans le mouvement des , quelques plumes viennent à frotter sur la membrane du bour, ce qui produirait de la confusion dans les signaux gistrés.

l'oscillation propre de la masse de plomb soit beaucoup plus longue que celle de l'oiseau, nous ne serons plus gênés par la complication de ces mouvements interférents.

En employant une masse de plus en plus lourde et une membrane de moins en moins tendue, on arrive par le tâtonnement à obtenir une bonne transmission des mouvements qui ne sont pas trop lents; de ceux qui, par exemple, durent moins d'une demi-seconde. C'est plus qu'il n'en faut pour

pouvoir appliquer l'instrument à l'étude des oscillations de toutes les espèces d'oiseaux.

Mais, pour plus de sûreté, avant de faire fonctionner l'appareil, j'ai voulu vérifier directement l'exactitude de ses indications. La méthode que j'ai suivie, très-analogue à celle que j'emploie pour contrôler tous mes appareils, consistait en ceci. Écrire directement le tracé du mouvement que j'imprimais à l'appareil explorateur des oscillations (c'est-à-dire au tambour chargé d'une masse), et voir si le mouvement indirectement enregistré par le levier était identique avec le premier.

Je reliai donc au premier appareil une tige munie d'une pointe écrivante, je fis tracer cette pointe sur le cylindre verticalement au-dessous de la pointe du levier enregistreur; j'imprimai à l'appareil des secousses variées en fréquence et en amplitude, et lorsque je constatai que les deux tracés étaient sensiblement identiques, je jugeai que l'appareil pouvait être employé dans l'étude des oscillations de l'oiseau.

Des expériences faites sur différentes espèces : Canard, Buse, Busard, Chouette, m'ont montré qu'il existe des types très-variés du vol, au point de vue de l'intensité des oscillations dans le plan vertical.

La figure 117 montre les tracés fournis par ces différentes espèces d'oiseaux. Tous ces tracés, recueillis sur un cylindre qui tourne avec une vitesse constante, et rapportés à un diapason chronographe de cent vibrations par seconde, permettent d'apprécier la durée absolue et relative des oscillations du vol chez ces différents oiseaux.

Il ressort de cette figure que la fréquence et l'amplitude des oscillations verticales varient beaucoup suivant l'espèce d'oiseau qu'on étudie. Pour mieux faire connaître la cause de chacun de ces mouvements, enregistrons en même temps les oscillations verticales de l'oiseau et l'action des muscles de l'aile. Si l'on fait cette double expérience sur deux oiseaux très-différents entre eux par leur manière de voler, tels que le Canard sauvage et la Buse, on obtient les tracés représentés figure 118.

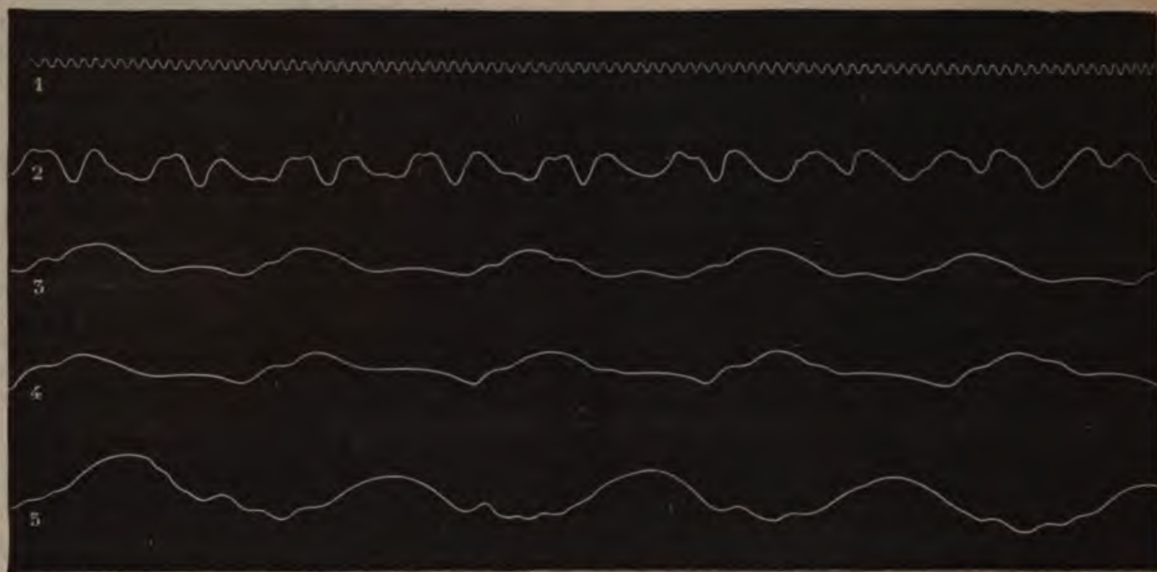


FIG. 117. — Ligne 1, tracé du diapason chronographe, 100 vibrations à la seconde. — Ligne 2, oscillations verticales du Canard sauvage pendant le vol. — Ligne 3, oscillations du Busard. — Ligne 4, Chouette effraie. — Ligne 5, Buse.

Le Canard présente à chaque révolution de son aile deu oscillations énergiques : l'une en *b*, au moment où l'aile s'abat, elle est facile à comprendre; l'autre en *a*, au moment où l'aile remonte. Pour expliquer l'ascension de l'oiseau pendant ce temps d'élévation de l'aile, il me semble indispensable de faire intervenir l'effet de cerf-volant dont il a été question plus haut. L'oiseau animé de vitesse prés ses ailes à l'air sous forme de plan incliné ; il se produit a un effet analogue à la remontée dont il a été parlé à pr des appareils planants qui transforment leur vitesse acq en ascension.

Le vol de la Buse présente à un moindre degré l'ascens qui accompagne la remontée de l'aile. Ne faut-il pas voi cause de cette différence dans une inclinaison moins gr de l'aile remontante par rapport à l'horizon ?

Détermination des différentes phases de la révolution de l auxquelles correspondent les oscillations verticales de l'oi —L'interprétation de ces courbes s'éclairera tout à l'h des expériences faites sur les variations de la vitesse de t lation de l'oiseau aux différents instants de la révolutio son aile.

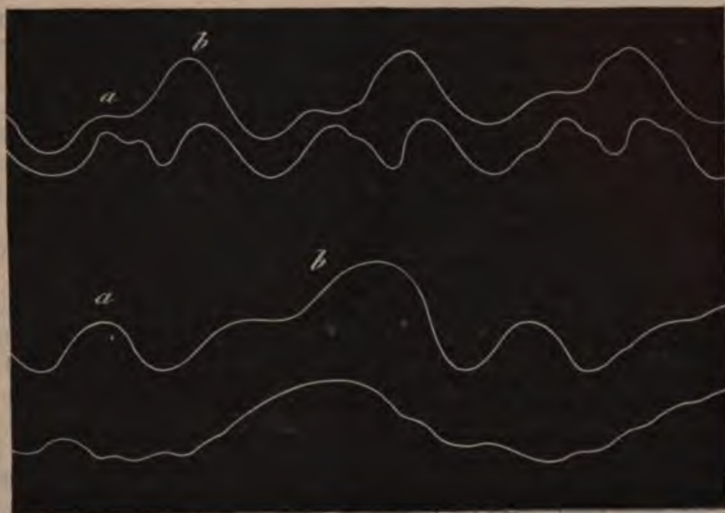
Mais avant d'aller plus loin, notons que l'expérience p dente nous fournit un renseignement très-précieux po théorie du vol. En effet, si l'oiseau exécute une séri chutes et de remontées, la durée des périodes de chutes fera connaître, au moins approximativement, la quantit travail positif que l'oiseau devra faire pour remonter a veau d'où il était tombé. Et nous voyons que le Canard, neuf révolutions de l'aile par seconde, exécute à chaque lution deux oscillations verticales, soit dix-huit par sec Chaque oscillation se composant d'une montée et d'une cente, chaque chute de l'oiseau ne saurait durer plus de de seconde.

Or, si l'on fait abstraction de l'effet de parachute que duisent vraisemblablement les ailes déployées de l'o corps qui tombe l'espace de 1/36 [illegible] 52 millimètres.

chute répétée dix-huit fois par seconde constitue-36 de remontée nécessaire pour ramener pendant seconde l'oiseau dans le même plan horizontal.

le tracé de la Buse, les chutes sont plus lentes que Canard, probablement à cause de la grande surface s de l'oiseau.

descente; nous le connaissons déjà pour l'avoir obtenu dans le vol de l'insecte. Quant à la phase de remontée de l'aile, on constate que pendant la légère ascension qui se produit, la vitessede l'oiseau diminue. En effet, la courbe des variations de vitesse s'abaisse au moment où l'oiseau prend de la hauteur. C'est donc une confirmation de la théorie précédemment



18. — Dans la moitié supérieure, on voit superposés : le tracé musculaire et celui des oscillations verticales chez un Canard sauvage. Au-dessous de l'on-ation *a*, qui signale l'élévation de l'aile, on voit une oscillation verticale; on en voit une autre au-dessous de *b*, tracé de l'abaisseur de l'aile. — Dans la moitié rieure, on voit les mêmes tracés recueillis sur une Buse, l'oscillation qui se trouve en *a* et correspond à l'élévation de l'aile est moins marquée que chez le ard.

nination des variations de la vitesse du vol. — La question que nous avons à résoudre est relative ermination des phases variées de la vitesse du vol. t trouver sa solution dans l'emploi de la même mé-

ambour chargé d'une masse de plomb était placé s de l'oiseau de façon à présenter sa membrane dans vertical perpendiculaire à la direction du vol, cet serait insensible aux oscillations verticales et signa-ulement les oscillations qui se font d'avant en arrière sement.

is, en tournant en avant la membrane du tambour, ir que si l'oiseau accélère sa vitesse, le retard de la r la translation de l'appareil produira un refoule-l'air du tambour et une élévation du levier, tandis ralentissement de l'oiseau amènera la descente du registreur.

rience faite sur les espèces d'oiseaux indiquées pré-ent fournit des tracés analogues à ceux des oscilla-ticales.

t vrai, comme je l'ai supposé, que l'oscillation verti-'oiseau, au moment de la remontée de l'aile, soit due sformation de la vitesse en hauteur, en recueillant ément le tracé des oscillations verticales et celui ations de la vitesse, on aura le moyen de vérifier orie.

cueillant en même temps les deux ordres d'oscilla-s le vol d'une Buse, j'ai vu que la phase d'abaisse-l'aile produit à la fois l'élévation de l'oiseau et l'accé-de sa vitesse horizontale. Cet effet est la conséquence re de l'inclinaison du plan de l'aile au moment de sa

émise sur la transformation de la vitesse de l'oiseau en hauteur.

Ainsi, par ce mécanisme, le coup d'aile descendant crée la force qui produira les deux oscillations de l'oiseau dans le plan vertical. Ce coup d'aile produit directement l'ascension qui est synchrone avec lui et indirectement, en créant de la vitesse, il prépare la seconde oscillation verticale de l'oiseau.

Tracé simultané des deux ordres d'oscillations de l'oiseau. — Au lieu de représenter séparément les deux ordres d'oscillations que l'oiseau exécute en volant, j'ai pensé qu'il serait plus instructif de chercher à obtenir une courbe unique représentant l'ensemble des mouvements que le corps de l'oiseau exécute pendant sa translation dans l'espace.

La méthode qui a servi à obtenir les mouvements de la pointe de l'aile de l'oiseau peut, avec certaines modifications, fournir le tracé simultané des deux ordres de mouvements que le corps de l'oiseau exécute dans l'espace. Pour cela, il faut que les deux tambours rectangulairement combinés soient reliés avec une même masse inerte.

Reportons-nous à la figure 103 (n° 41 de cette Revue) qui montre les deux leviers conjugués communiquant entre eux par des tubes qui transmettent à l'un tous les mouvements que l'autre exécute. Quand on imprime au premier levier un mouvement quelconque, le second levier reproduit le même mouvement dans le même sens.

Chargeons maintenant l'un des leviers d'une masse de plomb, et prenant en main le support de l'appareil, faisons-lui décrire un mouvement quelconque dans un plan perpendiculaire à la direction du levier. Nous verrons que le levier n° 2 exécute des mouvements absolument inverses.

REVUE
DES
OURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ÈME ANNÉE NUMÉRO 45 9 OCTOBRE 1869

Paris, 8 octobre 1869.

ongrès de l'Association américaine s'est tenu cette
Salem (Massachusset), sous la présidence de M. J. M.
de Chicago ; un grand nombre de membres de toutes
rties des États-Unis y assistaient. On y remarquait
n deux cent cinquante anciens membres, quelques-uns
de fort loin, et plus de cent cinquante membres nou-
nt été admis. Le nombre des communications inscrites
jour sur les programmes du comité permanent a été
on cent cinquante. Ces mémoires se rapportent à un
and nombre de questions scientifiques, et il a fallu éta-
s sous-sections pour l'archéologie et la micrographie,
classer plus facilement des travaux que l'on ne pou-
ttacher aux autres sections.
ipse totale de soleil du 7 août dernier avait nécessaire-
ttiré l'attention d'un grand nombre de savants. Les
mes se trouvaient en nombre au congrès, et toute la
du lundi 23 a été consacrée à discuter le phénomène
section A.
uguration de la *Peabody Academy of Science*, le mer-
8, était une occasion intéressante et digne d'occuper
ion de l'Association, dans sa séance d'ouverture. Cette
tion a été fondée à Salem, en 1867, par la munificence
rge Peabody, dans le but d'encourager l'étude des
s dans le comté d'Essex, où lui-même est né. Le pre-
apport annuel des administrateurs de cet établissement,
au mois de janvier dernier, montre qu'il est déjà com-
ent organisé, avec un corps de professeurs habiles, un
lusée, une bibliothèque, etc. L'activité du directeur et
ministrateurs est prouvée non-seulement par l'étendue
cellent état des collections, mais encore par le zèle et
eté avec lesquels sont dirigées les différentes publica-
e l'Académie. On a profité de cette occasion pour faire
ise en forme des bâtiments du Musée entre les mains
ministrateurs; c'est le directeur, M. F. W. Putnam, qui a
'acte de cession. Dans un discours éloquent, le prési-
e l'Académie, M. William C. Endicott, a fait l'histoire
isée depuis sa fondation, en 1801, sous le titre de *East
Marine Hall* (Musée de marine des Indes orientales),
à son achat et à sa réorganisation sur le plan actuel.
x Institute, bien connu pour ses travaux, son bulletin,
collections historiques, est maintenant incorporé à la
y Academy of Science.
discours de M. B. A. Gould, président de l'Associa-
rtant de charge, a été prononcé le vendredi soir,
20 août. Il avait choisi pour sujet la position des hommes de science en Amérique, et il l'a traité avec son succès habituel.

Tout ce que peuvent la cordialité, le bon vouloir et une appréciation intelligente des avantages de la science, avait été fait par les autorités de la ville de Salem, les différents corps scientifiques et les particuliers, pour contribuer au bien-être et seconder les plans des membres de l'Association. Un temps délicieux favorisait les excursions sur terre et par eau dans les environs. Le samedi, l'Association tout entière, invitée par la ville de Salem, parcourut en bateau à vapeur la baie de Salem et les abords du port de Boston, visitant le célèbre phare construit par le général Totten sur le *Minott's ledge*, à dix-huit milles du rivage, dans une position aussi dangereuse et aussi difficile que l'est celle du célèbre phare d'Eddystone (1). De là, ils se sont rendus au fort Warren, qui a servi de résidence forcée à tant de prisonniers distingués pendant la dernière guerre ; puis à Nahant, où des préparatifs avaient été faits et des pavillons dressés le long du rivage pour offrir un lunch aux nombreux invités. Le Congrès a clos ses séances par une grande réunion en plein air, sous les auspices du comité local et des membres de la Peabody Academy.

L'Association s'est ajournée au premier mercredi d'août 1870; elle se réunira à Troy, dans l'état de New-York, sous la présidence de M. William Chauvenet, de l'Université de Saint-Louis (Missouri).

— Le congrès international des naturalistes, convoqué à Catane, a tenu sa première séance le 23 août, et a terminé ses travaux le 28. Les opérations préliminaires se sont faites dans la bibliothèque de l'ancien monastère des Bénédictins, véritable palais, bien connu de tous les voyageurs. M. Avredos, président du congrès, après un éloquent discours d'ouverture, a lu un mémoire « Sur la formation géologique de l'Etna ». Le baron Walterhausen a intéressé l'assemblée par une description de l'Hécla. M. Stoppani, professeur à l'Institut Talucci de Milan, a lu un travail « Sur l'origine de la lave » dans lequel il soutient que la lave n'est qu'un composé de cristaux aqueux, produits à l'intérieur du globe par la dissolution et la recomposition de silicates, sous l'influence de l'eau à une température élevée et sous une forte pression. La séance s'est terminée par quelques observations faites par le professeur Guiscardi sur la théorie de M. Stoppani.

Les Catanais ont fait aux membres du congrès l'accueil le plus flatteur. Une députation du corps municipal est allée les recevoir à la gare du chemin de fer, et ils ont été logés et défrayés de tout, comme hôtes de la ville, au Grand Hôtel.

(1) Récif à 22 kilomètres de Plymouth, dans la Manche.

Dans la soirée du 23, une seconde séance a été tenue à l'Université royale ; on s'y est occupé de la formation des sections, et de discussions qui ont duré jusqu'à onze heures. Dans la section de botanique, le professeur Pedicini de Naples et le professeur Licopoli ont parlé tous deux ; ce dernier a émis le vœu que la flore de l'Etna soit décrite sur le plan de celle du Vésuve, sujet traité avec tant de bonheur par le professeur Pasquale. La journée du 24 a été consacrée à des excursions aux environs de Catane, et la soirée à la discussion de questions scientifiques dans l'ancien monastère des Bénédictins. Le même jour, vingt-quatre voitures avaient été mises par la municipalité à la disposition des principaux membres du Congrès, pour visiter Aci-Castello, Aci-Trezza, Isola de Ciclopi et Aci-Reale : l'accueil fait par cette dernière ville aux visiteurs, au nombre de plus de cent, était princier. Le corps municipal leur a demandé de vouloir bien rechercher les causes de la maladie qui a sévi sur les orangers et les citronniers. La section de botanique a promis de s'occuper sérieusement de cette question. Le soir, à huit heures, le congrès s'est réuni en section à l'Université. Dans la section de chimie et de physique, M. Zinno a insisté sur la nécessité de réformer la nomenclature chimique des composés organiques ; il a émis le vœu que les Italiens dont l'esprit inventif ne s'est jamais laissé surpasser, devancent les étrangers dans une entreprise si utile. Une commission, composée de chimistes italiens distingués, a été nommée pour s'occuper de ce travail ; elle devra, s'il est possible, présenter le nouveau système au cinquième congrès, en 1870. Le jeudi 25, les sections se sont encore réunies à l'Université ; la discussion a principalement roulé sur la géologie de la Sicile, et de l'Etna en particulier. Dans la section de chimie, M. Pozzana, de Milan, a parlé de l'analyse de paix de cette ville, faite d'après le système de Liebig. Le soir, les membres étaient invités à un concert à la villa Bellini. On sait que Catane est la patrie du grand maître. Le vendredi 26, séance générale à sept heures du matin (!), dans les bâtiments de l'Université, et lecture de plusieurs communications par MM. Walterhausen, Sequenza, Gemellaro et Guiscardi.

Dans la section de botanique, discussion sur la maladie des orangers et des citronniers ; dans la section de chimie et de physique, le professeur Bombini, de Bologne, explique en détail sa nouvelle théorie de la *cristallogénie* des minéraux, et de quelques corps qui, selon lui, jouant le rôle d'eau de cristallisation, déterminent des variations de type dans les formes cristallines des minéraux. Les professeurs Zinno et Silvestre prennent part à la discussion animée qui s'engage ensuite. A onze heures, dernière séance générale du congrès au monastère des Bénédictins. Le soir, grand banquet auquel assistent les habitants les plus distingués de Catane. Le lendemain, on a fait une excursion à Mougibello (Etna).

— La direction d'une revue comme celle d'un journal peut et doit avoir un avis sur les grandes questions. Mais à la différence du journal, ordinairement consacré à la défense d'une doctrine ou d'un parti qu'il représente, la revue doit rester un terrain impartial où toutes les opinions puissent combattre à leurs risques et périls.

On se souvient du jugement porté par M. Huxley sur le positivisme dans sa lecture sur la *Base physique de la vie*. L'attaque de M. R. Congrève contre ce jugement est très-vive. Nous publierons prochainement la réponse de M. Huxley; mais nous devons dire de suite que nous partageons ent[...] ment son avis. Le positivisme d'Auguste Comte aspirait [...] venir une religion ; par une suite naturelle de cette pr[...] tion, il eut bientôt les allures et l'intolérance dogma[...] d'une Église ; il en eut aussi l'absorbante ambition. Son [...] seul lui assurait quelque fortune dans un siècle com[...] nôtre, dégoûté de tout ce qui peut passer pour une rê[...] Mais la vogue dont ce système jouit aujourd'hui est moin[...] à son fondateur qu'à son chef actuel M. Littré, esprit [...] rieur à Auguste Comte, et qui a renouvelé les doctrine[...] son maître.

Le positivisme s'attribue trop complaisamment les gra[...] conquêtes scientifiques de notre siècle, qui dérivent de c[...] toutes différentes et dont il est lui-même un des effets. [...] d'avoir été le promoteur du progrès scientifique, Au[...] Comte a eu plus d'une fois la malechance de lutter ouv[...] ment contre ses manifestations les plus éclatantes. La sci[...] contemporaine applique sans doute quelques-unes des [...] du positivisme, mais elle ne les lui a pas empruntées, — [...] plutôt le contraire qui serait vrai, — et elle ne peut que [...] gner à rejeter un patronage compromettant qui lui ap[...] ce qu'elle possède déjà, augmenté d'erreurs et de préten[...] dont elle n'a que faire. Cependant, malgré ces imperfec[...] trop méconnues, le positivisme n'en rend pas moins de [...] tables services, non aux sciences proprement dites, mais [...] philosophie, parce qu'il dirige, après tout, les esprits da[...] voie où doit se fonder la philosophie de l'avenir, le ter[...] des sciences expérimentales, et qu'il prépare ainsi l'av[...] ment d'un système plus solide et plus exact devant leq[...] disparaîtra rapidement.

E. A.

LE POSITIVISME ET LA SCIENCE CONTEMPORAIN[...]

Auguste Comte et M. Huxley

> Autant que j'ai pu le conclure de mes étude[...] traits caractéristiques de la philosophie positive, [...] ai trouvé que peu de choses, je pourrais dire [...] quelque valeur scientifique, et en revanche bien [...] ticularités tout aussi contraires à l'essence mêm[...] science que tout ce qu'il y a de plus antiscientifiq[...] le catholicisme ultramontain. En somme, la philo[...] d'Auguste Comte me paraît pouvoir se définir [...] ment un catholicisme sans christianisme.
>
> ... Un écrivain français postérieur de soixante [...] dont les pages lourdes et verbeuses rappellent si [...] vigueur de pensée et la merveilleuse précision [...] de l'homme que je ne crains pas d'appeler le [...] penseur du XVIIIe siècle, bien que ce siècle ait [...] Kant. (*Revue des cours scientifiques*, 17 juillet [...] ci-dessus, page 520.)

Ces remarques du professeur Huxley nous paraissent [...] de sa part une de ces boutades peu sérieuses par lesqu[...] on éprouve quelquefois le besoin de décharger sa mau[...] humeur : en les laissant échapper, en se déridant un ins[...] il a sans doute éprouvé une sorte de soulagement. Cepen[...] elles ne sont guère à leur place, et on les aurait atten[...] plutôt d'un des oracles débonnaires de notre littérature [...] d'une haute autorité scientifique, à qui incombe une véri[...] responsabilité. Science oblige. Nous pouvons exiger [...] savants des jugements sérieux et bien fondés, même q[...] ils sortent de leur sphère immédiate.

M. Huxley trouve les pages de M. Comte ennuyeuses. J[...] nul désir d'attaquer son jugement. De telles opinions dé[...] dent de l'intérêt qu'on prend à un sujet. Celui que je tr[...]

les sujets sociaux et politiques est peut-être ce qui
ire un jugement tout autre. Les critiques qui por-
niquement sur la forme d'ouvrages tout à fait philoso-
es sont plus usées peut-être que tout autre genre de
ie. A mes yeux, tout écrit purement critique est
xcuse. La vie n'est pas assez longue pour de tels
temps. Nous n'avons que trop d'occupations pour nos fa-
très-limitées de travail et de pensée.
erbeuses ». Si l'épithète est prise ici dans son acception
ire, on devrait, quand on étudie les écrits de M. Comte,
rder à deux fois avant de la leur appliquer sans distinc-
Quelques personnes (et je ne suis pas de celles-là) peu-
ualifier ainsi sa *Philosophie*. Appliquer le mot au style
olitique ou de sa *Synthèse subjective*, c'est commettre une
nte erreur. « Prétendre que ces ouvrages sont verbeux »,
ait un ami, « c'est avouer qu'on ne les a pas lus ». Or,
xley ne fait aucune distinction de ce genre entre les ou-
. J'en tire, sauf correction, cette conséquence qu'il con-
eulement une partie des écrits qu'il critique. J'en con-
ue ses études n'ont pas été plus loin que la *Philosophie*,
il condamne le reste par ignorance. Comparez le sujet
ression, et cela indépendamment de tout jugement sur
ité ou la fausseté du fond, il n'y a pas, que je sache, un
crivain qui soit aussi serré que l'est M. Comte dans cer-
parties de ses ouvrages. Que M. Huxley essaye de tra-
certaines pages de la *Politique*.
ire la même conclusion de la remarque en elle-même.
. Comte soit inférieur à Hume par la vigueur de la pen-
'est une affirmation que je me contente d'abandonner
gement général des personnes compétentes en pareille
re. Pour moi, elle me paraît extrêmement téméraire.
ire autant que qui que ce soit la grande beauté du style
me; mais le style qui convenait à Hume, penseur phi-
ique et auteur d'essais, ne serait peut-être pas appro-
ux constructions philosophiques de M. Comte. Une tâche
différente exigeait un instrument tout différent. Kant,
emple, que M. Huxley semble admirer, a un style très-
nt de celui de Hume. Quand M. Comte peut porter son
ion sur la forme et n'est pas obligé de concentrer tous
rts sur le fond de son ouvrage, on reconnaît, en exa-
t son style, que la clarté des pensées se reflète fort bien
le langage : les obscurités que ses écrits présentent
ent de ce que le sujet est ardu ou de ce que le lecteur
l préparé, plutôt que des expressions de l'écrivain.
a cependant un autre point plus frappant dans le pas-
que j'ai reproduit. « *L'homme que je ne crains pas d'ap-*
», dit M. Huxley, comme s'il sentait qu'il hasarde une
sion courageuse, une opinion originale et audacieuse.
rtant, dans le vol. VI de la *Philosophie positive*, p. 318,
rouvons le mérite de Hume reconnu en des termes qui
r ceux de M. Huxley l'avantage d'être plus complets, et
e serait sans doute rappelés s'il avait mieux étudié la
on. D'un autre côté, dans la préface de son *Catéchisme*,
nte porte un jugement également favorable sur « l'école
telle de Hume et Diderot ». Enfin, dans le *Calendrier*
itivisme, M. Huxley peut voir que le rang assigné à
est supérieur à celui de Kant et des autres penseurs
ophiques qui occupent la semaine à laquelle Hume pré-
on nom y est placé au niveau des plus grands noms de
losophie moderne : il est égalé à ceux de saint Thomas
in, de Bacon, de Leibnitz; comme eux, il n'est subor-

donné qu'à Descartes. Il me semble difficile, en présence d'un pareil accord de M. Huxley et de M. Comte, d'expliquer comment il n'est fait aucune mention de cet accord, et j'en conclus, comme plus haut, que ce silence est dû à une connaissance imparfaite des ouvrages critiqués. Autrement M. Huxley aurait dû, pour être parfaitement sincère, reconnaître que son jugement sur Hume, si hardi qu'il puisse paraître, avait été devancé de bien des années par celui de l'écrivain français qu'il venait déprécier.

Cependant sur tout cela j'aurais gardé le silence. L'autre paragraphe, le premier des deux qui sont en tête de cet article, est celui dont je veux spécialement m'occuper. Les remarques que je viens de faire nous permettront d'estimer ce paragraphe à sa juste valeur en nous faisant supposer d'avance qu'il n'a d'autre base qu'un savoir insuffisant. Quoi qu'il en soit, la position éminente que M. Huxley occupe dans le monde scientifique donne de l'importance à l'opinion qu'il a émise et qui a déjà excité une grande attention.

Elle se trouve exprimée dans les deux phrases du premier extrait. Je supprime une des phrases précédentes dont je n'ai pas à m'occuper et qui ne peut servir qu'à jeter dans le débat quelque irritation. Quant à la dernière des deux qui restent, je ne me soucie pas d'y répondre ni d'examiner jusqu'à quel point elle est conforme à la vérité. Des écrivains tels que M. Goldwin Smith m'ont familiarisé depuis longtemps avec le jugement vague qu'elle exprime. Quelle qu'en soit la valeur, elle est juxtaposée aux lignes précédentes plutôt qu'elle n'en est la suite logique. Si elle jette quelque lumière, c'est uniquement sur l'attitude de l'écrivain relativement au système qu'il décrit si sommairement.

Tel qu'il est, le passage suggère cependant une remarque. Quelque avantage que M. Huxley puisse prendre sur moi en faisant intervenir ici le christianisme, je dois le lui laisser. Mais relativement au catholicisme, je puis dire que notre situation est évidemment différente. Les expressions de M. Huxley n'ont de sens que si cette imputation de catholicisme implique une censure. Pour moi, au contraire, tout en soutenant qu'on se trompe en identifiant notre système avec le catholicisme dans le sens attribué d'ordinaire à ce mot, qu'on n'envisage ainsi qu'un des côtés de la question, je n'ai jamais craint de reconnaître avec satisfaction l'affinité qui existe entre les deux croyances, non plus qu'à reconnaître la dette que nous avons contractée, comme le monde entier, envers le noble système de l'église du moyen âge. Une telle ressemblance est à mes yeux un titre d'honneur, non un sujet de reproche. Je voudrais donc modifier la définition de M. Huxley. Celle que je substituerais à la sienne serait également brève, mais plus exacte : moins exclusiveement négative, elle nous conduirait à une appréciation plus juste du positivisme, mais elle se prêterait moins aux vues de son adversaire. Au lieu de ces mots : « un catholicisme sans christianisme », je lui recommande ceux-ci : « un catholicisme plus la science ».

Il reste une phrase, et je vais l'examiner. La commenter n'est pas chose aisée. En premier lieu, il n'est guère facile d'assigner sa valeur propre à cette réserve, « autant que j'ai pu le conclure de mes études » (1). Elle implique une étude incomplète, et cependant les expressions suivantes montrent que les yeux de l'écrivain se portent, quoique superficielle-

(1) En anglais littéralement : Aussi loin que mon étude m'a conduit : (*So far as my study has led me*).

ment, sur l'ensemble des ouvrages de M. Comte. Cela résulte évidemment de cette mention du catholicisme. Mais dans la pratique, on ne tiendra pas compte de la réserve ; l'idée générale sera qu'un homme éminent dans la science ne reconnaît aucune valeur aux ouvrages de M. Comte, et, comme cette conclusion s'accorde assez avec le désir du public, on l'admettra ; ce qui était, je présume, le résultat cherché par l'écrivain. Secondement, dans quel sens le terme de *Philosophie positive* est il employé ? Il faut le prendre comme une expression générale pour désigner le système entier de M. Comte. En effet, si l'on emploie l'expression dans un sens restreint, précis, nul homme sincère ne pourra dire que la philosophie positive est sur beaucoup de points aussi complétement opposée à la science que le catholicisme. Je puis faire remarquer, en passant, que je ne vois pas la force de l'épithète « ultramontain ». Je ne connais aucune différence entre le catholicisme ultramontain ou cismontain dans leur attitude à l'égard de la science. Les catholiques peuvent différer les uns des autres ; mais le catholicisme et la science positive sont nécessairement et essentiellement opposés. Que le positivisme, dans quelque sens que ce soit, religieux ou philosophique, soit également opposé à la science, c'est ce qu'on ne peut raisonnablement soutenir. Sans doute, cette affirmation vient de ce que l'écrivain pensait non pas aux ouvrages philosophiques ou scientifiques de M. Comte, mais à son système social et religieux. C'est la prétention de contrôler la science au nom des intérêts sociaux et moraux de l'homme qui, je n'en doute pas, inspira cette remarque et qui seule l'explique sous sa forme actuelle. Dans la pensée de son auteur, elle était probablement dirigée contre d'autres conclusions plus spéciales qu'il regarde comme antiscientifiques. S'il en existe quelques-unes de semblables, elles n'impliquent pas un antagonisme général avec l'essence de la science, mais simplement une erreur de méthode ou de raisonnement.

Cependant l'objet réel de l'attaque de M. Huxley est la partie scientifique et philosophique des ouvrages de M. Comte. C'est cette partie qu'il voulait désavouer pour son propre compte et discréditer dans l'esprit de ses lecteurs. Il s'est emparé alors de l'arme la plus efficace qu'il ait trouvée sous sa main, et il a fait appel au préjugé populaire qui voit dans ce système politique et religieux une sorte de restauration du catholicisme. Selon toutes probabilités, il partage l'opinion de l'archevêque dont il a mentionné le discours en termes élogieux qui forment un étrange contraste avec son dédain pour M. Comte ; il trouve, comme lui, la partie religieuse du positivisme si absolument inadmissible qu'il n'est pas nécessaire d'en parler directement. Mais il diffère de l'archevêque en ce qu'il fait de ce discrédit de la partie religieuse un moyen d'attaquer indirectement la philosophie, qui occupe dans l'estime publique, il le sait très-bien, une place toute différente.

Enfin nous ne trouvons aucun moyen d'expliquer ces mots « les traits caractéristiques de la philosophie positive ». Apparemment M. Huxley n'a pas eu le temps de donner plus de précision à son expression et de la rendre ainsi plus intelligible.

Il me suffit, en ce moment, pour répondre à tout cela, de rappeler au lecteur que les œuvres de M. Comte contiennent, en premier lieu, une construction religieuse et politique, c'est-à-dire un ouvrage appartenant à l'art politique et qui doit être jugé d'après les exigences de cet art ; en second lieu, un système philosophique ; enfin certains traités scientifiques subordonnés à ce dernier et qui en font partie. Ces ouvrages divers sont tous confondus dans l'appréciation de M. Huxley ; mais si l'on veut examiner son attaque, il est important de les distinguer, car le jugement de l'écrivain a une autorité fort différente selon qu'il se rapporte aux uns ou aux autres. Une fois cette distinction faite, nous pourrons voir dans ces critiques ce qu'il est utile, ce qu'il est inutile de discuter. En considérant de quel ton parle M. Huxley, je tiens pour inutile de discuter avec lui la construction politique et religieuse de M. Comte soit en elle-même, soit relativement au désaveu qu'en fait M. Huxley. C'est pour cette raison et pour être plus clair que je mets de côté toute la théorie de l'organisation future de la société comme étrangère au point précis en discussion.

Alors se présente la question de la philosophie positive proprement dite. Le trait caractéristique de cette philosophie a toujours été pour moi la coordination de toutes les sciences abstraites, par le moyen d'une méthode uniforme, en un seul système solide, c'est-à-dire la synthèse des sciences classées hiérarchiquement. Quel est le but ultérieur d'une telle coordination ? C'est ce que je n'examine pas ici. Quels sont les caractères spéciaux de cette philosophie aux yeux de M. Huxley ? J'ai déjà dit que je ne puis m'en rendre compte en lisant ce qu'il a écrit là-dessus. Je ne pense même pas qu'il l'ait jamais crue digne d'être étudiée comme philosophie, qu'il en ait dégagé l'idée mère, ni qu'il en ait vu distinctement l'objet fondamental. Pourquoi l'aurait-il fait, dira-t-on ? Il est vrai ; peut-être n'y avait-il aucune raison pour qu'il le fît ; mais s'il n'a pas étudié cette philosophie, il serait plus sage et en même temps plus juste de sa part de ne pas l'attaquer.

Dans l'incertitude où me laissent les expressions que j'ai citées, et afin de borner mes remarques au sujet bien déterminé du débat, je n'entrerai dans aucune discussion sur ce second aspect des ouvrages de M. Comte, sur la philosophie positive proprement dite. Je me contenterai de faire observer qu'un système philosophique peut avoir une valeur considérable et durable, lors même que les détails scientifiques qui en forment pour ainsi dire la matière sont insuffisants ou même souvent incorrects. Par exemple, la construction encyclopédique d'Aristote marque une ère dans les progrès intellectuels de l'espèce humaine, bien que, scientifiquement parlant, la science moderne puisse attacher peu de valeur aux détails de ce grand monument. De plus, je ferai remarquer que, dans les sciences spéciales, et plus particulièrement en biologie, pendant les nombreuses années où je me suis occupé de cette science, j'ai souvent eu l'occasion de regretter que ceux qui l'enseignaient tinssent si peu de compte des vues philosophiques avec lesquelles elle a été traitée par M. Comte, et fussent si peu pénétrés de l'esprit positif qu'il y apportait. Si cet esprit leur était plus familier, ils nous épargneraient la peine d'écouter ou de lire les pitoyables arguments théologiques qui diminuent si souvent la valeur d'un enseignement fort bon à d'autres égards ; ils nous épargneraient aussi l'intervention continuelle de cette fiction métaphysique, la Nature, qui mérite encore moins de respect que les fictions de la théologie. Nous aurions ainsi, ce que nous n'avons pas à présent, le plaisir de voir traiter le sujet historiquement, c'est-à-dire à un point de vue qui rend en même temps plus facile et plus solide l'exposition de toutes les sciences. Il est impossible d'enseigner parfaitement une matière quelconque sans avoir recours à des considérations historiques.

est vrai si nous nous bornons à des considérations pure-
t intellectuelles, et plus encore si nous faisons intervenir
considérations morales. L'ingrate omission ou l'aveu trop
maire des efforts successifs de ceux qui ont antérieurement
ivé le même champ trouvent leur punition dans la mono-
e qui se répand alors sur le sujet et dans l'ennui qui en
ilte chez le lecteur. Je ne puis dire jusqu'à quel point
seignement de M. Huxley est une exception. J'imagine
l ne tombe jamais dans la théologie ni dans la métaphy-
e. Mais je crains qu'il ne se garde également des concep-
s historiques. En tout cas, il aurait tiré grand profit,
'en fais aucun doute, des enseignements du grand maître
l repousse si dédaigneusement. Il aurait du moins reçu
lui une leçon morale en apprenant à rendre aux efforts et
services d'autrui le respect qu'on leur doit, respect qui,
s cette circonstance, me semble lui faire défaut : il aurait
une leçon intellectuelle, c'est-à-dire appris à reconnaî-
la valeur relative des penseurs, ce qui l'aurait empêché
lonner à Hume, envisagé comme penseur, une préférence
arquée sur M. Comte.

aissons donc de côté les parties politiques et philosophi-
s des œuvres de M. Comte et arrivons à la troisième
ie qui est ici, pour moi, la plus importante. Nous avons
aminer ces ouvrages sous leur aspect purement scientifi-
. C'est là-dessus que j'engage le débat.

a philosophie positive est une coordination des sciences;
s ceci implique que vous avez déjà les sciences à coor-
ner. M. Comte en trouve quelques-unes qui, en un sens,
ent toutes prêtes. Relativement à celles-là, son œuvre fut
œuvre de révision et d'arrangement; c'est-à-dire qu'ayant
r matériaux de son travail des sciences plus ou moins
stituées, son œuvre consistait à ranger, suivant leurs vé-
bles rapports philosophiques, les travaux scientifiques des
seurs qui l'avaient précédé et à éliminer tous les élé-
nts non positifs. Ce fut l'œuvre qu'il accomplit dans les
s premiers volumes de la *Philosophie positive*. Dans cette
tie des écrits de M. Comte, je puis, pour ce qui m'occupe
uellement, considérer comme purement philosophique
attitude relativement aux sciences qu'il passe en revue.
lque supériorité scientifique qu'il ait montrée dans la fa-
dont il les a traitées, il faut en détourner nos yeux, et l'on
t chercher d'autres fondements à ses titres purement
ntifiques. Une des sciences qu'exigeait son système n'était
encore préparée. Pour celle-là son travail n'est pas un
vail de révision, mais de construction originale. Jetons les
x sur ses ouvrages. Dès le premier coup d'œil, nous voyons
les trois derniers volumes de la *Philosophie*, et ce sont
plus gros, sont consacrés à une seule science; en outre,
quatre volumes qui composent la *Politique*, deux traitent
lusivement de la même science; l'un, le second, envisage
te science du point de vue statistique; l'autre, le troisième,
point de vue dynamique. Ainsi, sur dix volumes consé-
ifs, cinq ont le même sujet; ils sont, dans le sens ordinaire
mot, la création d'une science qui, jusque-là, n'existait
. C'est assez indiquer, je crois, le point que je veux éta-
, savoir, qu'il ne faut pas faire dépendre la réputa-
n de M. Comte de ses succès ou de ses échecs dans telle ou
le science particulière, mais qu'on doit l'apprécier scien-
quement sur le terrain de la sociologie. On peut contester
titres dans d'autres sciences sans affaiblir ceux qu'il s'est
assurés dans ce domaine supérieur et parfaitement indépendant.

C'est le jugement porté par M. Huxley sur M. Comte au point de vue strictement scientifique que je vais maintenant examiner. Sur ce terrain, sans doute, son opinion aura de l'autorité. Il affirme nettement qu'il trouve peu de chose ou ne trouve rien dans les œuvres de M. Comte prises dans leur ensemble qui ait une valeur scientifique quelconque. J'ai montré pour quelle raison je donnais à ses expressions cette interprétation étendue mais légitime, et ce sera certainement l'interprétation générale. Oui, il ne saurait le nier, il a prêté l'autorité d'un nom universellement respecté dans le monde scientifique à un jugement défavorable et même méprisant sur les mérites scientifiques de M. Comte, sans que ce jugement fût appliqué ou restreint à telle ou telle branche particulière de la science. Peut-être n'avait-il en vue que la biologie. Je suppose qu'il en était ainsi; mais rien ne l'indique.

Or on aimerait à savoir quelle est la compétence de M. Huxley pour porter un jugement si tranchant. Quelle est son autorité pour juger les services rendus par M. Comte même dans les sciences inférieures, les mathématiques, l'astronomie, la physique? J'admets son autorité relativement à la chimie et à la biologie considérées comme sciences, et je ne la conteste pas un instant dans les autres que j'ai mentionnées; mais je ne sache pas qu'elle soit prouvée : or malheureusement la supériorité en physiologie n'entraîne avec elle aucune présomption en faveur de la compétence dans d'autres branches. Même pour les sciences inférieures, il se peut donc que l'arrêt de M. Huxley repose sur un fondement mal assuré.

Mais si dans les sciences inférieures, par la raison donnée ci-dessus, nous demandons quelques preuves de la compétence du biologiste avant d'accorder beaucoup de poids à son opinion, il en sera de même, à bien plus forte raison, quand nous viendrons aux degrés les plus élevés de la sociologie. Une foule de biologistes éminents non-seulement reconnaissent la valeur des sciences préliminaires, mais cherchent eux-mêmes et inculquent aux autres le devoir de chercher aussi les profits qu'on peut tirer d'elles. Pour la sociologie, au contraire, c'est tout différent; la valeur qu'elle possède pour réagir sur l'étude de la biologie n'est pas reconnue; on ne s'en doute pas; et j'irai plus loin, elle serait plutôt généralement niée. Si je disais, — c'est, suivant moi, la stricte vérité, — que, pour bien étudier la biologie, l'étude d'une science supérieure, la sociologie, est une condition essentielle, une condition dont l'absence nuit trop souvent à nos conclusions biologiques, il est probable qu'aujourd'hui je m'exposerais au ridicule; et pourtant cette assertion est fondée sur de solides raisons. Pour le moment cependant il suffit d'établir que cette attitude des biologistes donne droit de supposer (et cette présomption est tout ce qu'il me faut ici) que la sociologie est une science sur laquelle l'opinion de M. Huxley n'a aucune valeur, parce qu'il ne l'a pas étudiée. Je n'irai pas ici plus loin que cette présomption: je n'avance qu'une simple négation; mais on ne saurait avoir cette présomption trop présente à l'esprit.

Voici donc où nous en sommes. Une science se rattache spécialement au nom de M. Comte. Après l'enquête la plus
reuse, on ne peut lui refuser une position particulière
créateur de la sociologie, — j'emploie le terme dans

vistes, comme les représentants de la nouvelle foi dont il a vaguement entendu parler. Il les enchaîne à un service pour lequel ils éprouvent la plus vive répugnance ; il les identifie avec une organisation dont le nom seul leur répugne. De là des réclamations et des démentis impatients, comme celui de M. Huxley; mais ces démentis sont inutiles. L'instinct de leurs adversaires, soit instruits, soit ignorants, est pénétrant et juste en somme. Il identifie avec obstination les chefs de bande avec les forces régulières de l'opposition.

En fait, leurs démentis n'ont d'importance qu'aux yeux des positivistes qui voient et regrettent, dans l'intérêt de leur cause, l'hostilité des savants. Nous ne pouvons nous empêcher de reconnaître que c'est un obstacle puissant aux progrès de la réorganisation sociale; le plus puissant probablement, puisqu'il fournit une excuse à tant de personnes pour ne pas examiner ou pour rejeter le système. Nous ne pouvons qu'exprimer des espérances pour un meilleur avenir, pour la disparition graduelle de l'irritation singulière provoquée par la cause positiviste dans une trop grande partie du monde scientifique, irritation dont il est difficile de rendre compte. Nos alliés naturels sont ceux qui ont et savent qu'ils ont le même but que nous, malgré la différence des moyens ; c'est la foule de ceux qui cherchent à constituer religieusement la société. Le nouveau clergé scientifique doit agir, autant que la chose est possible, de concert avec le clergé de l'ancienne foi.

Un mot encore : la vie de M. Comte ne fut pas seulement une vie de travail intellectuel ; ce fut aussi une vie d'abnégation pure de toute ambition vulgaire, une vie qui persévéra sans relâche, en dépit de la persécution, du danger, de l'indifférence, dans l'entreprise de servir le genre humain. C'est une vie dont la beauté est maintenant reconnue par une foule de personnes diverses, ainsi que M. Huxley a pu s'en assurer, et par des hommes pour lesquels il ne peut avoir que du respect. Cependant il n'a que des paroles d'indifférence méprisante, pas une parole de justice, bien moins encore d'admiration, pour une vie qui, je le défie de le nier, porte un caractère marqué de grandeur. Le silence absolu qu'il a gardé sur ces points, et particulièrement sur le dernier, quel qu'en soit le motif, ce silence, qui ne lui permet aucune appréciation des résultats actuels obtenus par les efforts de M. Comte, m'inspire pour le compte de M. Huxley de profonds regrets. J'exprimerais mal mes sentiments si je ne disais pas avec franchise, en même temps qu'avec respect, que je n'éprouve pas du regret seulement : ce silence me paraît injuste et peu honorable. C'est ce sentiment qui m'a déterminé à écrire.

RICHARD CONGRÈVE.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES FULLÉRIENNES

M. MICHAEL FOSTER

Mouvements involontaires chez les animaux (1)

III

LES ACTIONS RÉFLEXES DE LA MOELLE ÉPINIÈRE

A la fin de la dernière lecture, un de mes savants collègues m'a fait observer que nous ferions bien de renoncer entièrement au mot *stimulation* pour le sujet qui nous occupe. Tout en étant d'accord avec l'esprit de cette observation, je den derai la permission de ne pas y accéder. C'est un fait quand l'on produit sur un muscle ou un nerf un trouble, changement d'état quelconque, il en résulte une impul nerveuse ou une contraction musculaire. Il nous faut un pour exprimer le changement qui produit ou tend à prod un pareil effet ; et si nous pouvons employer le terme *sti lation* pour indiquer ce changement, j'ose penser que n avons raison de le faire. C'est là le sens que j'ai touj donné à ce terme. Mais si l'emploi du mot stimulation fa croire que nous acceptons le sens qu'on lui a donné autref alors je serais le premier à y renoncer dès ce soir p toujours. Permettez-moi de vous rappeler ces ancien significations.

Autrefois, quand on croyait aux esprits animaux et vita on pensait que toutes les fois qu'un mouvement se produis des esprits animaux affluaient par les nerfs sur les mus et que le gonflement évident de ces derniers venait de l'af des esprits animaux, qui s'écoulaient une fois leur tâ accomplie.

Avec le temps, les esprits animaux cédèrent la place principe vital ; puis on en vint à penser que le principe vi quoiqu'il résidât dans la fibre musculaire, s'y cachait com un animal sauvage dans sa tanière, et qu'il fallait l'y rel cer et le stimul pour le forcer à se montrer et à faire son vre. C'est ainsi qu'avec le temps s'établit l'idée qu'au mom où le muscle se contracte on est réellement en présence d' vie plus abondante que quand il est au repos ; que la mulation amène la manifestation de la vie ; de là, par co quent l'expression de galvaniser et de faire revivre, si vent employée pour représenter les effets des stimulat sur les corps et les organes qui sont morts en apparence.

Or, j'ose espérer que, dans ce que j'ai dit jusqu'ici, il n rien qui puisse vous faire croire que je partage en auc façon ces idées sur l'action d'une stimulation quelle qu soit ; et je tiens surtout à combattre l'opinion d'après laqu le muscle qui se contracte aurait un degré de vitalité élevé que le muscle au repos, ou la somme de force exis dans un cas serait plus grande que dans l'autre. La stim tion n'a pour effet ni d'augmenter ni de diminuer la fo mais simplement d'en changer la manifestation. Person dirait, en considérant l'ensemble d'une machine à vap qu'il y a là plus de force quand la chaudière communi librement avec le cylindre, que quand on interrompt communication. Avec le muscle, à part certaines compl tions de nutrition, l'analogie se soutient parfaitement. le muscle au repos comme dans la machine à vapeu repos, toute la force produite par la nutrition se dépense forme de chaleur ; pour le muscle en activité, une parti dépense sous forme d'effet mécanique.

Dans tout ce que j'ai dit jusqu'ici, je me suis efforc faire intervenir l'action moléculaire dans toutes nos con tions ; je vais maintenant vous demander quelques min d'attention non pas tout à fait pour une hypothèse, ma tôt pour une certaine manière d'envisager les phénom que nous venons d'étudier, manière qui nous permettr l'espère, d'établir entre eux quelque lien d'unité.

Imaginons que nous puissions disposer toutes les forces férentes si actives dans ces organes, dans le protoplasm muscle et le nerf, que nous les disposions, dis-je, en d groupes tels que la résultante du premier produise dans

(1) Voyez les numéros des 18 et 25 septembre 1869, ci-dessus, pages 658 et 677.

muscle une contraction, dans un nerf la propagation d'une impulsion, tandis que la résultante de l'autre résiste à cette contraction ou à cette propagation. Toute force mise ainsi en présence d'une résistance peut naturellement donner lieu à plusieurs cas différents.

Le premier est celui où la résistance serait au moins égale à la force agissante, et la neutraliserait. Alors il y aura repos, comme pour un muscle ou un nerf ordinaire, et peut-être aussi pour certaines cellules nerveuses dans des circonstances particulières. Il est bien entendu que j'appelle repos l'absence de toute manifestation de contraction ou de propagation d'impulsion nerveuse.

En second lieu, la résistance peut être moindre que la force agissante, de sorte qu'il se produira une manifestation continue d'intensité variable. Nous pouvons en voir des exemples dans l'action de la moelle épinière sur les muscles des vaisseaux sanguins, et peut-être dans l'action de quelques-unes des cellules nerveuses du cœur, si du moins nous acceptons la seconde des hypothèses proposées dans la dernière lecture, sur la fonction des ganglions du cœur.

Dans un troisième cas, il se pourrait que la force agissante et la résistance fussent telles que la première, quoique continue à l'origine, prît un caractère intermittent. Il est à peine nécessaire de vous rappeler que, si l'on fait traverser une colonne liquide par un courant de gaz, quelque égale et continue que soit la pression de ce dernier, il n'est pas difficile de rencontrer une certaine relation entre la pression à laquelle on soumet le gaz, et la résistance opposée par l'eau, telle que le gaz s'échappe non sous la forme d'un courant continu, mais sous celle d'une série de bulles. A chaque instant, la force qui produit le mouvement a besoin d'accroître son énergie avant de pouvoir déterminer ce mouvement ; une force continue produit donc un effet intermittent. Dans les cils, dans les battements du cœur, et dans les impulsions intermittentes communiquées par les ganglions ou la moelle épinière, nous pouvons, je crois, reconnaître des exemples de forces contraires présentant ce caractère particulier. La force de contraction ou d'impulsion vient, comme le font les bulles gazeuses, triompher de la résistance passive de la substance musculaire ou nerveuse. Nous pourrions encore prendre pour terme de comparaison le vent qui souffle avec une force continue, et qui cependant soulève en vagues successives la surface unie des eaux de la mer. Vous avez vu, dans notre dernière lecture, le cœur d'une tortue marquer lentement sur un cylindre les intermittences de ses battements lourds et prolongés ; nous pouvons, je crois, considérer les ondes qu'il traçait sur le papier comme l'image des ondes moléculaires qui s'élevaient et s'abaissaient à l'intérieur de ses fibres et de ses nerfs.

Il nous reste encore un quatrième cas à considérer, quoique ce ne soit en réalité qu'une modification du premier. Les forces contraires peuvent se balancer de telle sorte qu'aucun effet ne se manifeste ; le muscle ou le nerf reste en repos, et cependant l'équilibre est tel que le trouble le plus léger va déterminer la victoire en faveur de la force contractile. Nous avons souvent vu, à l'orifice d'un tuyau qui plonge dans l'eau, une bulle d'air se former et grossir, sans cependant pouvoir monter à la surface, tant qu'un petit coup, un mouvement peut-être imperceptible, ne vient pas la délivrer. De même, dans un muscle ou un nerf, le mouvement que nous appelons une stimulation, rend libre une bulle de contraction ou d'impulsion. Dans les deux cas il y a équilibre : équ de tension moléculaire.

Cette même condition, nous pouvons la reconnaître seulement dans les muscles et les nerfs simples, mais les systèmes compliqués de muscles mis en communi avec une masse plus ou moins considérable du grand sy nerveux central. Permettez-moi d'appeler votre attentic cette grenouille, qui n'a plus qu'une partie de sa moell nière. Vous avez pu remarquer qu'elle est restée pa ment immobile depuis le commencement de notre le Elle n'a même pas bougé depuis que je l'ai mise où v voyez, il y a déjà plusieurs heures ; et, si on l'y laissai mourrait au bout de quelques jours dans la position et tude où vous la voyez en ce moment, sans remuer un membres. Ses cils travaillent, son cœur sanguin et ses lymphatiques battent, ses cellules mobiles sont en plei tivité, ses artères ont leur ton normal ; mais la part moelle épinière que l'animal a conservée n'est affectée les circonstances du dedans sous forme de douleur, celles du dehors ; et ainsi l'économie générale est au Cependant ce repos, cette tranquillité, cette immobilit pas de l'inertie, mais bien un équilibre des force moelle épinière est en équilibre, mais elle est charg puissance ; il y a là équilibre de tension. Il me vous le voyez, d'appliquer à la patte de l'animal la stimulation de la pression du pouce et de l'index déterminer des mouvements du corps à la fois énerg et complexes.

Les phénomènes dont vous venez d'être témoins a tiennent à une classe nombreuse de faits auxquels appliqué le nom général d'*actions réflexes*, dénomina laquelle un nom illustre parmi nous, celui du d Marshall-Hall, restera toujours associé ; et sans nous at à l'explication détaillée des faits que ce terme semb pliquer, nous pouvons l'employer utilement pour dé un grand nombre de phénomènes qui présentent pl moins de ressemblance.

Toutes les actions réflexes dont je veux vous parler a d'hui ont pour principal instrument la moelle épiniè prenant ce mot dans son sens le plus étendu ; et com moelle épinière se trouve enfoncée dans les profonde l'organisme, tandis que les excitations qui produise actions réflexes portent généralement sur l'appareil ext de la sensibilité, nous pouvons en général diviser le nisme d'une action réflexe en trois parties (fig. 120). D la stimulation qui agit sur la surface sensible détermin tains mouvements nerveux, lesquels suivent la seule vo leur soit ouverte pour aller à la moelle épinière, le sensitifs *ab* ; on les appelle pour cela mouvements senso

En second lieu, l'arrivée de ces mouvements sensoriau duit une certaine action de la moelle épinière *bc*. Enfin action de la moelle épinière amène des impulsions qu l'intermédiaire des nerfs moteurs *cd*, sont transmises à ce muscles qu'elles mettent en action dans l'ordre et l'énergie qui conviennent ; ces impulsions ont reçu le d'impulsions motrices. Les mouvements sensoriaux, les formations qui s'opèrent au centre et les impulsions mo voilà les trois phases nerveuses successives d'une type. Ainsi, quand j'ai pincé la patte de cet j'ai déterminé des mouvements sensoriaux qui tains nerfs pour arriver à la moelle épinière ;

transformés de façon ou d'autre, et ont ainsi produit certaines impulsions motrices, qui se sont manifestées à leur tour par les mouvements dont vous avez été témoins.



Fig. 120. — Tracé schématique du parcours de l'action réflexe.

Mais, avant de continuer l'étude de cette grenouille, rappelons-nous une série nombreuse d'actions réflexes qui se passent dans notre propre corps, de mouvements dont non-seulement nous avons conscience, mais dont nous savons de plus par nous-mêmes que, quoiqu'ils puissent être très-sensiblement modifiés par l'action de notre volonté, ils sont essentiellement involontaires dans leur origine et leur nature.

Prenons d'abord la respiration, action dont l'étude ne peut manquer d'être instructive, puisqu'elle est en partie automatique et en partie réflexe. Nous voyons d'abord des groupes complexes de muscles, le diaphragme, les muscles qui soulèvent et élargissent la poitrine, etc., etc., travaillant tous avec ensemble sous l'influence d'impulsions motrices qui leur sont transmises par certains nerfs.

Toutes ces impulsions, nous pouvons les suivre jusqu'à leur centre, qui est un point particulier, situé à la partie supérieure de la moelle épinière et dans ce qu'on appelle en termes techniques la moelle allongée. Ici, je demande la permission de faire un peu de science, et de vous exposer ma manière d'envisager ces phénomènes.

D'abord, se trouve, je crois, dans cette partie de la moelle épinière, le centre d'un travail intermittent qui ressemble fort à celui du cœur, et plus encore à celui des cœurs lymphatiques ; c'est un point où deux groupes opposés de forces moléculaires l'emportent tour à tour. Mais ici nous pouvons faire ce qui nous était impossible quand il s'agissait du cœur, nous pouvons constater l'influence dominante d'un agent nutritif particulier. En effet, le passage du sang par le centre nerveux et la quantité relative d'oxygène libre qu'il contient, peut-être même la proportion de substances non oxygénées qui s'y trouvent accumulées, sont des conditions de la plus grande importance pour régler la vitesse, la force et le caractère du mouvement respiratoire.

Et, ce que nous avons vu pour le cœur se reproduit ici, *mais bien plus* complétement : l'intermittence naturelle du *mouvement subit l'influence* des impulsions nerveuses qui viennent de toutes les parties du corps, et surtout des poumons par l'intermédiaire du nerf pneumogastrique, et aussi de certaines portions du cerveau. Toutes ces influences accessoires modifient profondément le caractère primitif de l'intermittence régulière, et la respiration est tantôt rapide, tantôt lente ; à chaque instant la course du piston peut être longue ou courte ; quelquefois l'action cesse complétement, ou encore les mouvements se suivent avec une rapidité qui tient en quelque sorte la poitrine dans un état de spasme tétanique. En un mot, nous avons ici le même genre de phénomènes que pour le cœur, seulement avec des complications bien plus grandes : ce sont des systèmes de muscles au lieu de muscles isolés ; des systèmes de cellules nerveuses et de fibres nerveuses au lieu d'un seul groupe ; des systèmes d'influences au lieu de quelques influences séparées. Et quoiqu'il nous soit impossible de démêler les éléments du réseau confus que nous appelons la moelle allongée, nous sommes assurément en droit d'admettre qu'il existe, et que nous pourrons reconnaître quelque jour une organisation délicate correspondant à ces puissances, un tissu délié de fibres et de cellules, à peine ébauché aux premiers jours de la vie de l'individu, mais se complétant bien plus tard, si jamais elle se complète, tissu sur lequel se propagent les ondes impulsives pour répondre à tous les besoins ordinaires et extraordinaires de l'économie.

Nous pourrions faire des réflexions semblables sur un acte analogue, la toux : bien que purement volontaire dans certains cas, elle présente cependant le type réflexe dans la plupart de ses phases.

Quand un poil s'arrête sur la glotte, il affecte d'abord la surface sensible et détruit l'équilibre dans lequel se trouvaient les extrémités des nerfs sensitifs, ce qui détermine des impulsions nerveuses. Ces impulsions arrivant avec une force croissante par les nerfs destinés à les transmettre jusqu'à la moelle allongée, détruisent à leur tour l'équilibre de cette dernière. Aussitôt de ce centre part une impulsion avec une force qui s'est multipliée, et, s'élançant le long d'un nerf particulier, elle vient produire la constriction du larynx ; alors suivent à leur tour un, deux, trois mouvements convulsifs d'expiration, ou même plus. Si ces mouvements suffisent pour expulser le corps étranger, sans qu'il en reste de traces, les centres nerveux reviennent à leur équilibre primitif, et la respiration reprend avec ses intermittences naturelles. Dans tout ceci nous reconnaissons clairement une intention, et nous pouvons, j'ose le dire, admettre que nous voyons ici une disposition spéciale prise en vue de ce fait accidentel. Il serait possible, à la rigueur, de se figurer que, si l'on pouvait isoler cet appareil composé de fibres et de cellules nerveuses, et continuer sa nutrition tout en laissant mourir le reste du corps, l'économie se trouverait convertie en une simple machine à tousser, et rien de plus, tout comme, l'autre jour, nous avons converti une tortue en appareil des battements du cœur, et rien de plus.

Mais allons plus loin : si le corps étranger n'est pas rejeté, alors de nouvelles impulsions continuant à arriver au centre dont l'équilibre est déjà troublé, les impulsions qui surviennent débordent sur d'autres voies, et mettent en action de nouveaux nerfs et de nouveaux muscles dans un ordre et une succession déterminés, et les mouvements d'expiration sont de temps en temps interrompus par le relâchement de la glotte et un mouvement d'inspiration, de sorte que, grâce à la puissance nutritive du corps, le contact d'un cheveu dé-

e des mouvements d'expulsion capables de faire trem-
ıe chambre. Ici encore nous voyons un but, et qui plus
and ce but n'est pas atteint, nous voyons que de nou-
moyens sont pris ou essayés pour y arriver. Et, ici en-
ıous avons le droit de conclure qu'il y a un mécanisme
é pour les cas extraordinaires, un appareil de cellules
ibres en rapport plus intime avec l'appareil nerveux
ire de la respiration et de la toux, que ne le sont les
cellules et les autres fibres du corps.

ːxaminais en détail toutes les actions réflexes ordinaires
re corps, j'aurais à répéter toujours la même chose.
'éternuement qui chasse des narines le corps étranger,
ɜ clignement de la paupière qui protége l'œil délicat,
a pupille qui se dilate pour recevoir la lumière trop
dans la larme qui entraîne la poussière irritante, dans
ve qui vient commencer la digestion du morceau jus-
ıns la bouche, dans le suc gastrique qui se répand sur
rriture parvenue à l'estomac, dans la main qui se retire
ıtact d'une lame tranchante, dans le corps qui se
ː et la jambe qui se relève pour éviter le chatouille-
l'une plume, dans la peau qui se ride pour faire envoler
ıouche importune, dans le pore qui, se dilatant par la
ır, rafraîchit la peau par l'évaporation, et se rétrécissant
froid économise la chaleur intérieure, dans le frisson
'oduit le froid, dans le rire que provoque le plaisir, dans
qui suit la douleur, dans mille autres actions que nous
ıs observer sur nous-mêmes et sur des animaux qui
ːnt une place plus ou moins élevée dans l'échelle de la
ın, nous avons des exemples d'*action réflexe* plus ou
pure. Chez tous, nous voyons un équilibre existant
'organe central entre les forces organiques sans cesse
ées à réunir et à séparer les molécules du tissu ; chez
ıous voyons cet équilibre détruit par des mouvements
its par une stimulation, une cause de trouble ; chez
ːes mouvements se propagent par diverses voies jusqu'à
ıints souvent fort éloignés les uns des autres et de l'or-
ːentral. Presque partout, nous trouvons le mot *intention*
en caractères si distincts qu'on peut le lire même en
ıt ; et, quand le but nous semble moins évident, c'est
blement notre faute si nous ne le distinguons pas. L'ac-
ːst si exactement proportionnée au but à atteindre, les
sions motrices sont tellement d'accord avec les causes
rturbation, elles savent choisir leur route avec tant de
tesse au milieu d'un véritable labyrinthe de sentiers
es prennent ou abandonnent à propos, qu'il devient
ue impossible de résister à l'idée que, dans le réseau si
liqué de la moelle épinière, il y a des organes spéciaux
chaque fin différente, et que chaque fait physiologique
ase anatomique.

ısidérons un instant la structure de la moelle épinière.
erfs y aboutissent des deux côtés, à des intervalles qui
ːpondent aux différents os ou vertèbres du dos. Si l'on
de une figure représentant une section transversale de
ıelle épinière à un des points d'insertion des nerfs, on
ue ces derniers arrivent à la moelle en deux groupes,
l'un comprend tous les nerfs en rapport avec les sur-
sensibles, et l'autre tous les nerfs en rapport avec les
les ou d'autres organes de mouvement. Le nerf une fois
, ses fibres se séparent ; elles s'étendent, je pourrais pres-
lire dans toutes les directions, en haut, en bas, de côté,
ıvers, faisant entre elles presque tous les angles possi-
bles. Toute la partie extérieure de la moelle épinière n'est
composée que de fibres entrelacées qui se croisent avec des
vaisseaux sanguins. A l'intérieur, on voit apparaître de nou-
veaux éléments des deux côtés, ce sont les cellules nerveuses.
Quelques-unes de ces dernières sont petites ; mais beaucoup
sont assez grandes et se ramifient en se prolongeant.

Si nous réfléchissons au nombre des fibres dont se compose un seul nerf, et au nombre des cellules grandes et petites que l'on trouve dans une section donnée de la moelle épinière ; si nous songeons que le cœur de chaque fibre n'est qu'un paquet de fibrilles encore plus fines et plus ténues, qui se séparent les unes des autres à l'extrémité périphérique du nerf ; si nous considérons qu'il est possible, pour ne pas dire probable, que chaque fibrille est capable d'une action indépendante, car il ne faut pas nous laisser entraîner par des analogies d'isolement électrique ; si nous nous rappelons que les grandes cellules nerveuses laissent voir, comme l'ont constaté des observations récentes, des lignes de fibrilles, surtout dans leurs couches extérieures (1), nous en conclurons, je crois, que nous risquons de nous tromper plutôt en atténuant qu'en exagérant la complexité de l'action de la moelle épinière. De plus, la nature complexe des grandes cellules nerveuses, complexité qui semble augmenter à mesure que nous les étudions davantage, cette nature, dis-je, indique que peut-être chacune sert à plusieurs actions qui présentent plus ou moins d'analogie, et sont en rapport avec des parties du corps différentes et peut-être éloignées.

Permettez-moi de conclure en insistant sur ce qui résume, selon moi du moins, l'action de la moelle épinière : — Dans toutes les actions réflexes, quelles qu'elles soient, dans les plus simples où une piqûre faite à une surface sensible ne provoque qu'un tressaillement du muscle situé immédiatement au-dessous, et dont le nerf moteur accompagne le nerf sensitif sur lequel agit la piqûre ; dans les actions réflexes intermédiaires, où les mouvements sont limités à la région affectée par la stimulation, ou du moins au même côté du corps ; enfin dans les actions réflexes les plus compliquées, celles qui intéressent une partie considérable du corps, et dont le but est évident et souvent multiple ; dans tous les cas enfin, il existe un mécanisme bien défini, un appareil défini de fibres et de cellules, mécanisme qui naît et s'accroît en même temps que chaque individu.

Alors, selon que l'excitation est plus ou moins forte ; selon que les mouvements qu'elle détermine dans le nerf sensitif sont plus ou moins nombreux, plus ou moins forts ; selon la région et selon le groupe de fibres sensibles affectées ; selon l'état des centres nerveux au point de vue de la nutrition, ou des actions qui ont pu précéder, ou de l'influence des actions voisines ; enfin, selon l'état et la distribution des nerfs moteurs et des muscles, le mécanisme compliqué peut servir à un travail plus compliqué encore.

Et maintenant revenons à la grenouille. L'animal que vous voyez va nous fournir des exemples de bien des actions réflexes différentes. En touchant son côté, j'obtiens un exemple du genre le plus simple, un spasme du muscle situé au-dessous. En touchant cette patte étendue, j'ai un mouvement plus complexe ; la patte se retire. Si je soulève la grenouille par une patte, je détermine une série de mouvements, et le

(1) Voyez dans notre tome V, page 705, 3 octobre 1868, l'article de M. Grandry sur la structure du cylindre axe et des cellules nerveuses.

but de ces mouvements devient plus évident. L'animal s'agite pour se délivrer ; il agite d'abord une seule patte, puis quelquefois deux. Si je mets la grenouille sur le dos, et que je la touche à la cuisse avec une goutte d'acide, elle enlève cet acide en frottant à plusieurs reprises avec sa patte l'endroit brûlé ; action complexe, faite évidemment dans un certain but, mais toujours limitée à ce côté du corps. Cependant, si l'acide est assez fort, et que son action soit assez prolongée, le mouvement s'étend à l'autre côté du corps, les deux pattes frottent le point de la cuisse qui a été touché, et enfin le corps entier fait des efforts convulsifs pour se dérober à la brûlure. Bien plus, si après avoir mis la goutte d'acide, je tiens le pied du côté attaqué pour empêcher l'animal de s'en servir, l'autre patte se met aussitôt à frotter.

Ces mouvements sont si complexes, ils ont un but si évident, qu'il est bien naturel de se demander si l'on est en droit de leur donner le nom de mouvements involontaires.

Dans tous les mouvements différents que j'ai cités comme se produisant chez l'homme, il est un moyen bien simple de constater le caractère involontaire. Nous n'avons qu'à en appeler à notre propre conscience. Nous savons que ces actions ne viennent pas d'un effort de notre volonté, et tout est dit. Mais, pour la grenouille, cet appel est nécessairement impossible. Et je dois avouer que si, avec le peu de faits que nous possédons, j'abordais la question de savoir si ces mouvements sont ou ne sont pas dus à l'exercice de la volonté, c'est-à-dire s'ils sont la suite nécessaire de la mise en jeu d'un système de fibres et de cellules agissant sur d'autres systèmes de cellules et de fibres qui l'entourent, ou si l'impulsion remonte à quelque chose d'insaisissable qui se manifeste sous l'influence de certaines stimulations, enfin si ces mouvements sont ou non conscients ; si j'examinais tous ces points, vous trouveriez, je crois, cette discussion aussi stérile que je l'ai trouvée moi-même. Nous serions inévitablement entraînés du terrain de la physiologie sur celui de la psychologie, et, simple laboureur des plaines de la première, je n'ai pas l'ambition de m'élever jusqu'aux hauteurs de la seconde. J'aime bien mieux avoir recours à votre indulgence et vous demander d'accepter non pas même une définition, mais plutôt une déclaration arbitraire et provisoire sur la volonté, au sujet de laquelle nous allons essayer de réunir certains faits irréfutables.

Je l'ai déjà dit, et je ne saurais trop insister sur ce point, quelque variés et énergiques que soient les mouvements de cette grenouille quand on la touche, si vous la laissez parfaitement tranquille, elle ne fera pas mouvoir un seul de ses muscles. En l'absence de toute stimulation du dedans et du dehors, l'équilibre de ses centres nerveux ne sera pas troublé tant qu'elle restera vivante. Je dis du dedans, parce que si ces stimulations se produisent, comme il arrive, par exemple, pour les grenouilles qui ont été décapitées, et dont la moelle épinière reste exposée à l'action de l'air, nous observons souvent des mouvements sans voir de cause extérieure qui les explique. Mais, en général, ces mouvements sont rares, et je pourrais laisser cette grenouille n'importe où, avec la certitude de la retrouver à la même place demain, ou dans huit jours, abstraction faite, bien entendu, de toute intervention étrangère. Il est à peine nécessaire de vous dire qu'une grenouille intacte, laissée dans le repos le plus complet, à l'abri de tout ce qui pourrait la déranger, ne resterait pas longtemps immobile. La grenouille, dans son état ordinaire, a un motif d'action, une source de mouvement dont l'existence est absolument indépendante d'une stimulati actuelle ; elle se meut à chaque instant sans que nous pu sions assigner une cause à ses mouvements, ni dire d'où partie l'impulsion initiale. Nous disons que ses mouveme sont spontanés. Au fond, nous appelons spontanés tous mouvements dont nous ne pouvons rendre compte, et no les attribuons à la volonté quand ils n'obéissent à aucune apparente. Si nous regardons une grenouille intacte, nous savons ce qu'elle fera dans une minute ; si nous regard une grenouille dans l'état où est celle-ci, nous savons bi ce qu'elle fera, et nous pouvons, dans certaines limites, faire faire exactement ce qu'il nous plaît. Si donc nous e ployons le mot *volonté* dans ce sens, nous disons que la g nouille, en cet état, n'a pas de volonté.

Cette grenouille n'a plus qu'une portion de sa moelle é nière, ce qui nous amène à poser cette question : quelle pa

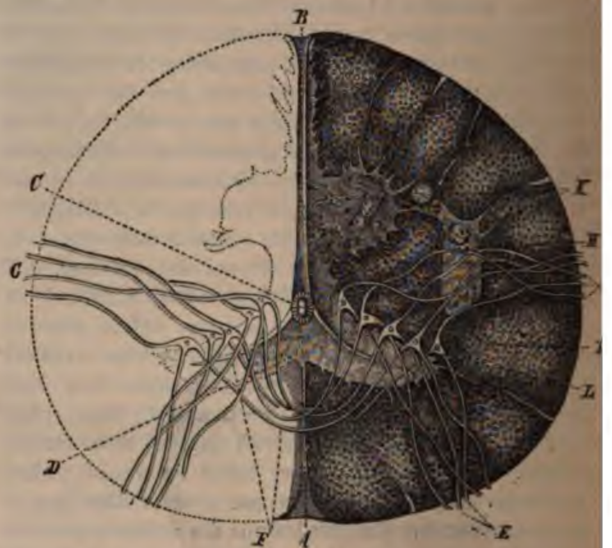


FIG. 121. — Coupe transversale de la moelle épinière du *Salmo salar*, d'après Owsjannikow.

A. Sillon médullaire antérieur. — *B*. Sillon postérieur. — *C*. Canal central re d'un épithélium. — *D*. Tissu conjonctif qui entoure le canal central et envoie prolongements dans les sillons antérieur et postérieur. — *E*. Racine antérieure. *F*. Fibres commissurales. — *G*. Fibres de la racine postérieure. — *H*. Tissu c jonctif. — *I*. Fibres nerveuses de la substance blanche, coupées transversalem — *K*. Vaisseaux sanguins coupés transversalement. — *L*. Cellules ganglionn

tie du système nerveux central peut-on laisser à un anim sans qu'il manifeste aucun signe de volonté ? Pour y répond j'appellerai quelques instants votre attention sur la stru ture générale de ce système nerveux central (fig. 121).

J'ai déjà dit que la moelle épinière se compose d'ab d'une enveloppe extérieure épaisse, entièrement formée fibres nerveuses, qui viennent des différentes parties du cor et qui suivent toutes les directions possibles ; ensuite vient couche intérieure, qui affecte la forme assez curieuse d' double croissant, et où les fibres nerveuses se trouvent m langées d'une forte proportion de cellules nerveuses acti capables de produire et de transformer des impulsions. L' veloppe porte le nom technique de *substance blanche*, et l' térieur celui de *substance grise*, à cause de la différence couleur qui existe entre les deux.

Sur toute la longueur de la moelle épinière proprem dite, depuis le bas du dos jusqu'à la partie supérieure cou, il n'y a point de différences de structure bien m

s; on voit partout la même substance grise à l'intérieur, ême substance blanche à l'extérieur, avec des nerfs qui rsent la seconde pour atteindre la première, à la jonc- des vertèbres.

me la moelle allongée, qu'on a l'habitude de considé- omme une partie de ce qu'on appelle ordinairement le *au*, peut être envisagée simplement comme une exten- de la moelle épinière. Ici encore nous retrouvons, à érieur, la même substance blanche; à l'intérieur, la sub- e cellulaire grise, quoique toutes deux, mais la dernière ut, présentent les indices d'une complexité croissante.

is toute la partie du système nerveux central qui est e en face ou au-dessus de la moelle allongée, suivant la re de l'animal, diffère de la moelle épinière par un distinctif, c'est qu'elle contient de la substance grise, groupes de cellules nerveuses, non-seulement au-dedans, aussi au-dehors. Après examen, nous trouvons, chez nme par exemple, que cette substance grise extérieure, la proportion de substance blanche qui l'accompagne, être considérée comme constituant un système addition- ui vient se mouler sur un système intérieur de sub- e grise, lequel est le prolongement naturel de la sub- e grise de la moelle épinière.

système extérieur est connu sous les noms d'*hémisphères raux* et de *cervelet* (fig. 122).

système intérieur, qui, en avant du moins, se trouve loppé par les hémisphères cérébraux, et ne peut être vu



Fig. 122. — Cerveau, cervelet et moelle épinière vus de profil.

1, 1. Cerveau. — 2. Cervelet. — 3. Bulbe rachidien. — 4. Moelle épinière. rveau naissent plusieurs nerfs et parmi eux : 5. Nerf optique. Du bulbe rachi- naissent plusieurs nerfs et parmi eux : 6. Le nerf trijumeau. — 7. Le nerf — 8. Le pneumogastrique. — 9. Le nerf spinal ayant plusieurs racines. Sur elle se voient les origines des doubles paires rachidiennes. — 10. Racines ieures sensitives. — 11. Racines antérieures motrices. Ces racines se con- t bientôt deux à deux pour former les nerfs mixtes, qui sont à la fois sensitifs eurs. (Tripier.)

quand ces derniers ont été enlevés, au moins en partie, mpose d'une double rangée de lobes de substance grise, les plus importants ont reçu le nom de *corps striés*, de *hes optiques* et de *tubercules quadrijumeaux*. Je ne m'ex- pas de citer ici ces mots techniques, car ils doivent tôt ou , comme le terme de *bronchite*, qui n'est pas moins techni- devenir familiers à toutes les personnes intelligentes. us pouvons, je l'ai dit, considérer ces amas intérieurs de substance grise, ces *ganglions cérébraux*, ainsi qu'on les appelle quelquefois, comme un prolongement naturel de la moelle épinière. Il serait vraiment à désirer que l'on eût un nom pour désigner toute la longueur de la substance nerveuse, et qu'on pût l'appeler par exemple, l'*axe crânio-spinal nerveux*. Cet axe irait alors depuis la partie postérieure ou inférieure de la moelle épinière jusqu'aux corps striés, et aurait sa partie antérieure plus ou moins enveloppée par le système extérieur de substance grise des hémisphères cérébraux.

Chez la grenouille, la disposition est plus simple et plus facile à suivre. Le cervelet est à peine développé, et les hémisphères cérébraux se trouvent placés en avant de l'axe crânio-spinal, au lieu d'en couvrir l'extrémité aussi complétement que chez l'homme et d'autres animaux. La moelle épinière de la grenouille se renfle pour former la moelle allongée, puis va former les lobes optiques ou tubercules quadrijumeaux. En avant des lobes optiques, se trouvent les couches optiques et, en avant de celles-ci, les hémisphères cérébraux; les corps striés sont seuls cachés. Si l'on excepte ces derniers corps, il devient facile d'enlever, chez la grenouille, les hémisphères cérébraux seuls, et de laisser intact tout l'axe crânio-spinal.

Cela posé, la réponse à la question faite plus haut devient facile. Enlevez les hémisphères cérébraux, et laissez, si vous le voulez, tout le reste du système nerveux, la volonté, dans le sens que nous venons de donner à ce mot, a disparu pour toujours. Ce principe est vrai pour tous les animaux vertébrés; mais c'est sur la grenouille qu'on le vérifie le plus aisément. Si la blessure de l'opération guérit, on peut, avec du soin, conserver l'animal en vie pendant un temps indéfini. Mais si on l'abandonne entièrement à lui-même, il se dessechera peu à peu à l'endroit où on l'a mis, sans avoir fait un seul mouvement volontaire.

Alors se présente naturellement une autre question : — les hémisphères cérébraux une fois enlevés, et en l'absence de tout mouvement, tant que l'équilibre du système nerveux n'est pas rompu par quelque stimulation, les mouvements déterminés par une stimulation donnée sont-ils différents selon qu'on laisse subsister telle ou telle partie du système nerveux? — Oui, très-différents. Prenons encore la grenouille pour exemple; commençons par celle qui n'a conservé que la moelle épinière, et où l'ablation a été faite à partir de la moelle allongée. Je vous ai déjà fait remarquer toute la complexité de ses mouvements; laissez-moi maintenant vous en faire voir les limites.

Un fait doit d'abord vous frapper, c'est qu'elle ne prend pas l'attitude normale d'une grenouille. Sa tête est posée à plat sur la table; les membres antérieurs sont étendus, la tête et les épaules ne portent pas sur les pattes de devant, comme elles le devraient. Les grenouilles, dans l'état où se trouve celle-ci, ne prennent jamais l'attitude normale. Ce n'est pas qu'elles ne puissent le faire; tous les muscles et les nerfs sont là, et en bon état; mais il manque ce qui leur faisait prendre cette attitude.

En second lieu, si je mets cette grenouille sur le dos, elle y reste tranquille et satisfaite, sans faire le moindre effort pour se retourner. Elle peut se retourner; en l'excitant, je puis l'y déterminer. Mais, dans l'état où elle est, il lui manque le quelque chose qui la faisait se retourner.

En troisième lieu, si je la jette dans une cuvette pleine

d'eau, elle va au fond comme un morceau de plomb. Elle ne nage pas, et cependant elle peut nager. En l'excitant à plusieurs reprises dans l'eau, je puis la faire nager. Mais il lui manque le quelque chose qui la faisait nager. Et il en serait de même pour tout le reste.

Mais prenons une autre grenouille, une grenouille ayant encore sa moelle allongée et son cervelet, aussi bien que sa moelle épinière; répétons sur elle les mêmes expériences.

D'abord son attitude est normale : mettez ses membres dans la position qu'il vous plaira; si elle est assez vigoureuse, elle reprendra toujours l'attitude normale. Quelque chose la pousse à le faire, *il faut* qu'elle le fasse.

En second lieu, si je la mets sur le dos, elle se retourne immédiatement. Et, ici encore, ce n'est pas une affaire de choix, comme ce serait pour une grenouille intacte : il faut qu'elle se retourne.

En troisième lieu, si je lui pince la patte, elle ne se contente pas de l'étendre vivement, comme le faisait la grenouille qui n'avait plus que la moelle épinière, mais elle saute en avant. Et, si elle est vigoureuse, elle sautera en avant toutes les fois que je la pincerai.

En quatrième lieu, si je la jette dans l'eau, elle nage; elle nage toujours, et elle continue à nager jusqu'à ce qu'elle soit épuisée. Une grenouille intacte nage aussi, en général, quand on la jette à l'eau; mais quelquefois elle va tout de suite au fond; et, dans tous les cas, elle cesse bientôt de nager pour aller se cacher. Pour celle-ci, il faut qu'elle nage.

Si, pendant que cette grenouille nage, je fais passer sous elle une petite planchette, elle y grimpe toujours sur-le-champ, et elle s'y repose. Elle s'y reposerait jusqu'à la mort. Tant que la planchette est là, le repos est devenu aussi indispensable que la natation l'était sans la planchette.

Nous pourrions continuer ainsi nos expériences. Si je laissais à l'animal les lobes optiques et, par conséquent, le sens de la vue, la complexité de ses mouvements serait plus grande encore. Une étude plus approfondie nous amènerait sans doute à faire des distinctions bien plus délicates et plus nombreuses que les différences grossières que je viens d'établir devant vous. Mais ce qui se remarque dans tous les cas, c'est la nécessité d'une stimulation, et aussi, je le crois, la nécessité d'un mouvement après cette stimulation, tant que l'animal conserve assez de vigueur.

Je ne crois pas faire un abus de termes en donnant à ces mouvements le nom d'involontaires; ce n'est pas non plus aller trop loin que de supposer qu'il doit y avoir dans tous ces cas un mécanisme spécial, à l'aide duquel l'effet suit nécessairement la cause. Je prends ici le mot mécanisme dans son sens le plus général, et plutôt pour me faire comprendre que pour donner lieu de penser que je me représente quelque chose de semblable à une montre ou à une machine à vapeur. En effet, je n'ai pas la prétention de décider jusqu'à quel point ces mouvements sont conscients ou non.

Si je n'ai étudié jusqu'ici que la grenouille, c'est d'abord parce que, chez elle, tous les phénomènes sont plus simples, puis aussi parce que les grenouilles vivent si longtemps après l'ablation du cerveau, qu'on a tout le temps de laisser disparaître les effets immédiats de cette opération. Chez les animaux supérieurs, les résultats sont souvent troublés pendant quelque temps par le développement de mouvements involontaires fort énergiques, de rotations à droite ou à gauche, en avant ou en arrière, autour de tel ou tel axe, mouvements qui ne sont peut-être pas entièrement compris, mais qui n'appartiennent évidemment pas à l'état normal de l'économie nerveuse. Chez les animaux à sang chaud, la liberté de la respiration est indispensable à toutes les parties du corps, et, par suite, il nous est impossible d'entretenir la plénitude de la vie dans la moelle épinière isolée d'un oiseau ou d'un mammifère, comme nous l'avons fait pour celle d'une grenouille. Nous ne pouvons donc dire si ces deux classes d'animaux présenteraient les mêmes mouvements complexes. Il est facile d'obtenir des actions réflexes simples avec des parties isolées de la moelle épinière, non-seulement chez les autres mammifères, mais chez l'homme aussi. Cependant il ne faudrait pas nous hâter de conclure que parce que, chez la grenouille, telle ou telle fonction dépend de la moelle épinière, il en est de même chez les mammifères. Tout au contraire, nous sommes, je le crois, en droit de dire que la grenouille vit par la moelle épinière bien plus que le mammifère, que l'éveil et l'action de son système nerveux central dépendent bien plus de l'action momentanée de ses nerfs sensitifs et surtout des nerfs de la peau, ou, en d'autres termes, que ses hémisphères cérébraux ne prennent à sa vie totale que la part indiquée par leur petit volume et la simplicité de leur structure.

Néanmoins, le peu d'observations qu'on a pu faire sur les oiseaux et les mammifères semblent indiquer des conséquences analogues à ce qui a été constaté sur les grenouilles.

Un mammifère privé de ses hémisphères cérébraux, en l'absence de toute stimulation, reste tranquille, immobile; ce n'est plus qu'une statue respirante et vivante. Tout le mécanisme de l'expression et de la locomotion est dans un équilibre parfait. Détruisez cet équilibre par une stimulation quelconque, et vous déterminerez des mouvements de caractères divers, mouvements qui reproduisent exactement les mouvements naturels volontaires, mais qui sont forcés, qui suivent inévitablement la stimulation; mouvements dont l'étendue et le caractère varient avec la nature de la stimulation, son point et son mode d'application, ainsi qu'avec la portion du système nerveux central sur laquelle cette stimulation peut encore agir.

Le mammifère privé de cerveau n'est plus qu'un automate qui s'enfuit quand on le pousse, crie quand on le pince, mange quand on lui donne sa nourriture; et tout cela il le fait toujours et nécessairement. L'oiseau privé de cerveau, si on le lance en l'air, vole jusqu'à ce qu'il se fatigue et qu'il tombe. Il faut qu'il vole. Vous n'avez qu'à jeter son centre de gravité en avant, et ses ailes se déploient d'elles-mêmes. Perchez sur votre doigt un pigeon privé de cerveau, puis faites tourner ce doigt de manière que l'oiseau penche en avant, et au moment où votre doigt tourne, les ailes de l'oiseau se déploient.

Ainsi, avec ces animaux supérieurs aussi, nous pouvons parler de mouvements involontaires qui sont la copie exacte des mouvements spontanés ordinaires; nous pouvons en conclure l'existence de mécanismes spéciaux pour les exécuter. Nous sommes alors naturellement amenés à rechercher quel rapport existe entre ces mouvements involontaires et les mouvements volontaires habituels; les premiers, ainsi que leur mécanisme, font-ils partie des seconds, ou sont-ce des phénomènes absolument subsidiaires ?

Par exemple, lorsqu'une grenouille qui n'a pas subi de mutilation nage dans l'eau et que nous reconnaissons dans cet acte un mouvement parfaitement volontaire, devons-nous supposer que chaque muscle qui contribue au mouvement, et même chaque fibre musculaire, est lié par des fibres ner-

veuses séparées et indépendantes au siége de la volonté dans les hémisphères cérébraux, et que ces fibres nerveuses transmettent des impulsions séparées à chaque contraction d'une fibre musculaire? Ou bien dirons-nous que, lorsqu'il nage, l'animal met simplement en mouvement l'appareil de natation que nous voyons agir d'une façon si parfaite chez la grenouille privée de cerveau?

La réponse à cette question dépend naturellement de faits les uns anatomiques, les autres physiologiques.

Est-il possible de suivre une ligne continue qui aille, par exemple, des muscles cruraux aux hémisphères cérébraux? Nous pouvons suivre cette ligne jusqu'à la moelle épinière; mais, une fois arrivés à ce réseau compliqué de fibres et de cellules, nous la perdons. Nous ne pouvons pas même dire si la partie supérieure de la moelle épinière, à sa jonction avec la moelle allongée, contient assez de fibres pour suffire au corps entier. En ce point, la section de la moelle épinière présente une surface bien moins étendue que les sections réunies des nerfs du corps.

Mais les anatomistes affirment que, dans la moelle épinière, chaque fibre est bien plus fine que ne le sont celles des nerfs des membres; n'oublions pas non plus que ce qu'il faut chercher, ce ne sont peut-être pas des fibres, mais des fibrilles situées au cœur même de ces fibres, des fibrilles d'une ténuité extrême. Ainsi cette partie de la question reste indécise.

Il en est de même pour ce qui regarde la liaison des hémisphères cérébraux avec les corps striés et les couches optiques, qui terminent le centre des mouvements involontaires. Selon le professeur Kölliker, toutes les fibres qui viennent de la moelle épinière se terminent dans la matière grise et dans les cellules nerveuses de ces corps, et c'est une série de fibres toute différente qui les relie aux hémisphères cérébraux. Mais d'un autre côté, il y a des physiologistes qui affirment que ce fait est loin d'être prouvé.

La physiologie nous fournit moins des arguments que des conjectures, des tâtonnements appuyés sur des analogies et des faits. Je vais citer quelques-uns de ces derniers.

D'abord, il est reconnu que ces mouvements involontaires, ces actions réflexes sont bien plus libres et plus étendus en l'absence des hémisphères cérébraux, ou au moins du cerveau, qu'en leur présence. Quand l'épine dorsale d'un homme a été brisée, ou a subi quelque autre lésion grave, ses jambes sont sensibles au moindre chatouillement; de même les mouvements d'une grenouille décapitée sont plus énergiques que celles d'un sujet qui n'a pas subi de mutilation. En outre, nous avons des raisons de croire que, chez la grenouille au moins, il existe quelque part dans le cerveau un appareil destiné à arrêter, à modérer les actions réflexes les plus ordinaires de la moelle épinière.

Il se peut donc qu'il existe des mécanismes destinés à arrêter tous les genres de mouvements involontaires, de même qu'il se trouve dans le nerf pneumogastrique un mécanisme destiné à arrêter le mouvement involontaire du cœur, et, autre part, un mécanisme qui sert à suspendre ce spasme continu des artères que nous appelons leur ton.

Et, s'il y a des mécanismes pour l'arrêt, il y en a probablement aussi pour la mise en mouvement.

En second lieu, nous devons nous rappeler que, quoique tous ces mouvements involontaires présentent l'indice d'un but évident, quoiqu'ils soient en général déterminés par la présence de quelque chose de désagréable dont ils doivent nous débarrasser, ou qu'ils doivent modifier de façon ou d'autre, les choses ne se passent pas toujours ainsi.

On sait, par exemple, que chez beaucoup de personnes une lumière vive provoque l'éternuement. Cependant il n'existe aucun rapport téléologique entre l'éternuement et la lumière. Il se peut qu'entre la lumière qui frappe la rétine et l'éternuement il existe quelques rapports indirects par le nez. Mais il se peut aussi que l'équilibre du centre d'éternuement soit rompu directement par l'action du nerf optique. Quoi qu'il en soit, nous n'avons qu'à mettre la volonté à la place de la lumière, la possibilité d'une transformation facile des mouvements involontaires en mouvements volontaires.

De plus, si nous admettons, et nous ne pouvons guère nous y refuser, que notre système nerveux croît avec nous; que son développement commence avec nous pour ne s'arrêter qu'à notre mort; que nos cellules et nos fibres nerveuses, tout comme nos muscles, deviennent plus fortes par leur action même; que les lignes qui sillonnent notre visage et qui révèlent notre vie à l'observateur attentif, ne sont rien en comparaison des sillons tracés par nos travaux et nos passions dans nos centres nerveux; que, pendant la vie de l'individu, des cellules et des fibres, peut-être même des groupes de cellules et de fibres se développent et disparaissent; si nous admettons tout cela, le rapport entre les mouvements volontaires et les mouvements involontaires que nous discutons en ce moment, offre une explication facile de la transformation bien connue des actions primitivement volontaires en actions machinales, par ce changement lent que nous nommons habitude et éducation.

En outre, si nous acceptons l'idée que les mouvements volontaires sont dus à certains mécanismes spéciaux que la volonté met en mouvement ou laisse agir, nous pourrons établir un rapprochement curieux entre le corps en général, et ce type de la vie simple, le cœur qui bat.

Si je touche la patte d'une grenouille privée de cerveau, elle fait un mouvement brusque; si je touche un nerf, son muscle se contracte; si je touche un cœur mourant et immobile, il répond par un battement et rien de plus. Ces trois cas nous offrent des exemples d'équilibre simple rompu une fois, puis rétabli.

Si je jette dans l'eau la grenouille sans cerveau, elle nage comme une grenouille ordinaire; quand je la retire, elle rentre dans son état de repos normal. Si je soumets un ventricule immobile, qui a été séparé du cœur, à l'action d'un courant électrique intermittent, il se met à battre comme le cœur à l'état normal; dès que le courant cesse, le ventricule rentre en repos. Le mécanisme de la natation dans le premier cas, celui du battement intermittent dans le second, sont là tous deux, mais il manque quelque chose pour le mettre en jeu et en entretenir le mouvement sans l'aide d'une stimulation nouvelle. Dans le cœur, c'est la surabondance de vie des ganglions qui répond à ce besoin; chez la grenouille, c'est la vie surabondante, quelle qu'elle soit, des hémisphères cérébraux. En outre, de même que le battement spontané du cœur, quoiqu'il soit l'expression de l'énergie propre de cet organe et qu'il ne dépende essentiellement que de lui, est influencé de mille manières par les circonstances, par les impressions et les impulsions qu'il reçoit de toutes les parties du corps dont il fait partie; de même les mouvements spontanés de la grenouille, quoiqu'ils soient l'expression de son énergie personnelle, qui a son siége dans les hémisphères

cérébraux, mais dont l'origine nous échappe entièrement; ces mouvements, dis-je, subissent aussi l'influence d'impulsions et d'impressions qui viennent de toutes les parties du monde dont elle fait partie.

Vous avez bien voulu me suivre dans ce rapide examen d'un sujet très-étendu et très-difficile. Permettez-moi maintenant de vous ramener presque à notre point de départ.

Chez la grenouille et chez l'homme, l'action des cils est entièrement indépendante de la volonté. Cependant, chez les animaux inférieurs, et surtout chez les infusoires, le mouvement cadencé de ces avirons microscopiques s'arrête et reprend, s'accélère et se ralentit, produit un courant tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. Ces changements s'opèrent d'une façon si irrégulière, ils sont tellement indépendants de toute variation appréciable dans les circonstances extérieures, ils résultent si évidemment de l'action d'une force intérieure, que nous sommes obligés de dire que ces êtres ont une volonté, et que cette volonté dirige l'action de leurs cils. Et parmi ces êtres, il en est beaucoup qui n'ont rien que nous puissions appeler une structure régulière !

J'ai plus d'une fois employé ici les mots d'appareil et de mécanisme, et quand je dis qu'ici encore nous sommes forcés d'admettre l'existence d'un mécanisme, c'est que je suis sûr que vous comprenez bien que le mot *mécanisme* ne représente ici rien de mécanique. Tous les phénomènes que nous venons d'étudier ensemble peuvent, je le crois, nous enseigner au moins à n'être jamais dogmatiques en matière de physiologie. Et mon seul désir, en terminant ces lectures, est qu'elles vous aient appris à me considérer comme un ennemi du dogmatisme.

MICHAEL FOSTER,
Professeur de physiologie à l'*Institution royale* et à *University-College*.

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

FIN DES LECTURES FULLÉRIENNES.

VARIÉTÉS

J. Purkynié

M. Jean Purkynié (1), le célèbre physiologiste qui vient de mourir à Prague, était né à Lebochovitz, près de Leitmeritz en Bohême, le 17 décembre 1787. Son père était régisseur des biens du prince de Dietrichstein. Il se destina d'abord à l'enseignement et entra dans l'ordre des piaristes; mais bientôt, entraîné par l'amour des hautes sciences, il quitta l'ordre et se rendit à Prague, où il étudia la médecine et l'histoire naturelle. Reçu docteur, en 1818, avec une thèse sur la *Connaissance de la vue sous le rapport subjectif* (*Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht*), il fut nommé *assistant* d'anatomie et de physiologie. Cette thèse, où Purkynié montra une rare entente des phénomènes physiologiques et psychologiques, fut très-remarquée et attira l'attention de Gœthe, qui s'occupait alors de sciences naturelles.

En 1822, le gouvernement prussien offrit à Purkynié une chaire de physiologie à l'Université de Breslau. Il l'accepta. Avant de se rendre dans sa nouvelle résidence, il alla passer quelques jours chez Gœthe, à Weimar. L'usage exige que tout nouveau professeur publie une dissertation d'*habilitation*. Celle de Purkynié avait pour titre : *De examine physiologico organi visus et systematis cutanei*. — Revenant avec plus de détail sur le même sujet, il écrivit à Breslau son grand ouvrage *Beobachtungen*, etc. *Observations et essais sur la physiologie des sens*, ou *Nouvelles études sur la connaisssance de la vue* (Berlin, 1828, 2 volumes). —Il comptait continuer cet ouvrage ; diverses circonstances l'en empêchèrent, et il n'a publié qu'un fragment de la Continuation, en langue bohême, dans la *Revue du Muséum de Prague* (année 1836). Vient ensuite son traité : *Symbolæ ad avium historiam et incubationem* (Breslau, 1825, 2e édit., Leipzig, 1831). Il y décrivait pour la première fois la vésicule germinale de l'œuf, qui a gardé son nom et s'appelle encore aujourd'hui *Purkinisches keimblæschen* (1).

En 1830, il publia le traité *De cellulis antherum fibrosis nec non de granorum pollinarium formis commentatio phytotomica*, qui, sur la recommandation de Mirbel, lui valut le prix Montyon de l'Académie des sciences. Des études sur les mouvements vibratiles, qu'il faisait concurremment avec le docteur Valentin, l'amenèrent à une collaboration active avec ce physiologiste. En 1835, ils publièrent ensemble, à Breslau, leur traité : *De phenomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis cum externis, tum internis*, etc. Ce livre est devenu le point de départ de nombreuses observations. Non content de se livrer à des études individuelles, Purkynié organisait, à Breslau, un Institut pour l'étude de la physiologie. Cet Institut fut établi, en 1842, par le gouvernement prussien. Nous ne prétendons pas donner ici la liste complète des travaux de Purkynié (2) : la plupart sont écrits en latin, quelques-uns en allemand, d'autres en tchèque. Purkynié n'avait jamais négligé sa langue maternelle. Il occupait les loisirs que lui laissaient ses immenses labeurs à des publications littéraires : il traduisait en tchèque les poésies lyriques de Schiller, des fragments de la *Jérusalem délivrée* et écrivit en allemand et en polonais diverses études sur les littératures slaves.

En 1850, Purkynié quitta Breslau pour aller s'établir à Prague : il y occupa la chaire de physiologie. A partir de cette époque, il écrivit surtout dans sa langue nationale, le tchèque. Il a rendu de grands services à la littérature scientifique de son pays; aussi sa popularité y était extrême. Sa mort a été considérée comme un deuil national. Les journaux de Prague qui nous l'annoncent sont remplis de télégrammes et de correspondances relatives aux manifestations auxquelles elle a donné lieu. Purkinié était membre des Académies ou Sociétés médicales de Berlin, Londres, Paris, Bruxelles, Vienne, Pétersbourg, etc. Il était également député à la diète de Bohême.

LOUIS LEGER.

(1) On écrit ordinairement *Purkynje*; mais en slave le *j* a la valeur de l'*i* et l'*e*, doit se prononcer comme s'il était accentué.

(1) Vésicule germinale de Purkynié. Notons en passant qu'une plante du Mexique a également reçu le nom du célèbre physiologiste. C'est la *Purkynia nodosa*.

(2) Voici les titres de quelques publications de Purkynié non mentionnées dans le cours de cet article :

De cerebri læsi ad motum voluntarium relatione certaque vertiginis directione ex certis cerebri regionibus læsis pendente, 1824.

De epidermide humana, 1833.

De penitiori ossium structura observationes, 1834.

De penitiori dentium humanorum structura, 1835.

Meletemata circa mammalium dentium evolutionem, 1835.

De penitiori cartilagium structura, 1836.

De arteriarum et venarum structura, 1836.

De genitalium evolutione in embryone femineo observata, 1837.

De musculari cordis structura, 1839.

De formatione granulosa in nervis aliisque partibus organismi animalis, 1839.

De velamentis medullæ spinalis, 1839.

De structura fibrosa uteri non gravidi, 1840.

De numero atque mensura microscopica fibrarum elementarium systematis cerebro-spinalis symbolæ, 1845.

A ces œuvres il faut ajouter un nombre considérable d'articles ou dissertations en langue tchèque et allemande : beaucoup ont été publiées dans la *Revue du Muséum de Prague*.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE — NUMÉRO 46 — 16 OCTOBRE 1869

Paris, 15 octobre 1869.

Un agrégé de la Faculté de médecine de Paris, ancien chirurgien militaire, M. L. Le Fort, vient de publier, dans la *Gazette hebdomadaire*, à propos du récent livre de M. Chenu, *Statistique médico-chirurgicale de la campagne d'Italie*, plusieurs articles sur l'état de la chirurgie militaire française qui méritent d'attirer vivement l'attention.

D'après les documents officiels du ministère de la guerre, les opérations chirurgicales sont beaucoup plus souvent mortelles dans notre armée que dans les armées étrangères. Voici un tableau comparatif qui met ce fait hors de doute.

	ARMÉE AMÉRICAINE.	ARMÉE ANGLAISE.	ARMÉE FRANÇAISE.	
	Guerre de la sécession.	Guerre de Crimée.	Guerre de Crimée.	Guerre d'Italie.
Désarticulation de l'épaule.	39,2	33,3	61,7	52,7
Amputation du bras......	21,2	24,5	55,5	55,8
Amputation de l'avant-bras.	16,5	5,0	45,2	42,8
Désarticulation de la hanche	85,7	100,0	100,0	57,1
Amputation de la cuisse...	64,4	64,0	91,8	76,4
Désarticulation du genou..	55,1	57,1	91,3	75,0
Amputation de la jambe...	26,0	35,6	71,9	66,5
	40,2	33,9	72,8	63,9

Ainsi la mortalité en arrive, dans l'armée française, presque au double et plus de celle qu'on trouve autre part dans des conditions bien moins favorables, par exemple en Amérique, où le service médical dut être improvisé, en même temps que l'armée, avec une rapidité et sur une échelle sans précédents.

Un pareil état de choses est bien fait pour exciter l'étonnement, et il est naturel d'en rechercher les causes. M. Le Fort en signale deux principales : « L'insuffisance du matériel et du personnel médical, l'abus des évacuations, corollaire obligé de la précédente; enfin une cause capitale : la suprématie, que dis-je, l'omnipotence de l'intendance militaire. Cette omnipotence réduit à néant les efforts de nos confrères de l'armée, et place nos chirurgiens militaires dans un état d'incapacité légale, pour laisser toute l'autorité à un corps administratif qui, au point de vue de la médecine, est, p[illegible] contraire, dans un état d'incapacité réelle. »

Parlons d'abord du matériel et des vivres. Au commencement de la campagne, l'empereur écrivait, le 16 mai, à l'intendant général Paris :

Depuis quarante-cinq ans, *nous n'avons plus eu de guerre ;* et dans toutes les *petites guerres* qui se sont faites, l'intelligence des intendants n'a pas pu être mise à l'épreuve, car tout consistait, pour l'intendance, à avoir de l'argent et à faire des marchés avec les fournisseurs.

Tout cela peut être bon pour une guerre partielle et maritime, tout cela peut être utile dans une guerre continentale comme réserve; mais, pour les grandes guerres en Europe, il n'y a qu'un seul principe efficace à appliquer en général, c'est de faire vivre l'armée avec les ressources du pays où elle se trouve, et, pour cela, il n'y a qu'un seul moyen, la réquisition payée comptant quand on est en pays ami, *prise sans payer* quand on est en pays ennemi. Ce système, le seul efficace, demande beaucoup d'intelligence et d'activité. Il est bien plus facile naturellement d'écrire au ministre de la guerre : Envoyez-moi tant de millions de rations...

On dira peut-être, et c'est là le prétexte de tous ceux qui ne veulent pas se donner la peine de chercher, que le pays ne peut pas fournir les ressources nécessaires..., c'est là une erreur capitale...; il est reconnu qu'un pays pourrait toujours nourrir pendant deux ou trois mois le double de sa population. Ainsi le Piémont, qui a près de cinq millions d'habitants, pourrait nourrir pendant deux ou trois mois une armée de cinq millions d'hommes... Ordonnez que, dans chaque commune, on cuise tant de rations de pain.....

Au lieu de suivre ce système, on fit venir de France farine, riz, café, sucre, etc., et le tout s'entassa dans les magasins de Gênes, faute de moyens de transport. On peut s'en convaincre par quelques extraits des correspondances administratives :

Valeggio, 7 juillet. — Les distributions de biscuit sont très-fréquentes; *depuis quinze jours*, quelques régiments n'ont reçu qu'*une ou deux fois* du pain de très-mauvaise qualité et présentant des moisissures... Le vin manque complétement ; c'est à peine si, en quinze jours, une distribution a été faite... — MERY, médecin en chef de la garde.

Montebello, 24 mai. — Je vous informe à regret que, par suite de l'inexpérience ou des préoccupations nombreuses de l'intendance, près de *huit cents blessés ont été nourris pendant quatre jours par la commisération publique*. Les régiments et les ambulances continuent à manquer de médicaments... — CHAMPOUILLON, médecin en chef du 1[er] corps.

Castiglione, 2 juin. — Sire, *les blessés de Solférino* (25 juin), entassés à Castiglione, *n'ont pas même encore été pansés*, faute de moyens suffisants (ils n'étaient même pas encore relevés le 29). Nous avons de la charpie, mais pas de linge, pas de chemises, pas de sucre, pas de vivres... — LORRET, hydrographe de la marine.

Les médicaments, les instruments de chirurgie eux-mêmes et le personnel médical font défaut.

Alexandrie. [illegible]es, pas de cacolets, pas de fourgons ; j'ai d[illegible]oroforme, du perchlorure de fer, rien ne [illegible]Y, médecin en chef de la garde.

M[illegible]giments compris dans [illegible] en est quelques-uns [illegible]major... — CHAM-

Castelnuovo, 5 juillet. — Depuis l'ouverture de la campagne, les médecins des régiments se plaignent de n'avoir reçu de la pharmacie centrale aucun des médicaments qu'ils ont demandés... — CHAMPOUILLON.

Voghera, 22 mai. — Nous n'avons pas d'infirmiers ; quelques musiciens, que personne ne commande, ont été désignés pour remplacer les infirmiers absents, et ne nous sont pas utiles parce qu'ils ne savent rien. Les malades sont mal couchés, mal nourris, mal soignés. —MARTENOT DE CORDOUX, médecin-major.

Alexandrie, 28 mai.— Il y a déjà 150 hommes, blessures légères ; mais il n'y a personne pour les visiter, il n'y a rien pour les soigner... — CAZALAS, médecin en chef à Alexandrie.

Cette insuffisance du personnel, une des causes les plus graves de nos revers et de la fâcheuse infériorité des résultats obtenus par la médecine militaire française, éclate dans tout son jour par le rapprochement de quelques chiffres.

En Afrique, en 1830, pour une armée de 30 000 hommes, 180 médecins d'ambulances et hôpitaux de première ligne, ou 6 médecins pour 1000 hommes d'effectif.

En Crimée, mai 1855, pour une armée de 108 000 hommes, 78 médecins, ou 0,72 médecins pour 1000 hommes.

En Italie, juin 1859, pour une armée de 160 000 hommes, 132 médecins, ou 0,82 médecins pour 1000 hommes.

L'armée d'Italie n'avait que 132 médecins, combien en manquait-il ? D'après le général Roguet, aide de camp de l'empereur, qui les réclame au ministre de la guerre, 300 ; deux fois plus que le nombre existant.

Quel était le nombre des médecins attachés à l'armée prussienne, qui n'était pas énormément considérable, pendant la campagne de 1866 ?... 1953.

Ce qu'il y a de grave, dans cette insuffisance numérique du personnel médical de l'armée, c'est qu'elle n'est pas seulement l'effet du manque accidentel de prévoyance de la part de l'administration. L'administration de la guerre ne peut plus, depuis longues années, arriver à remplir le cadre des officiers de santé militaire.

Les pertes annuelles des différents corps d'officiers de l'armée française pour cause de démission sont en moyenne : pour l'infanterie, de 0,20 pour 100 ; pour la cavalerie, 0,39 ; pour l'état-major, 0,31 ; pour l'artillerie, 0,22 ; pour le génie, 0,12 ; elle fut pour le corps de santé de 1,67 pour 100 de 1846 à 1852 ; de 2,14 pour 100 de 1852 à 1859 ; de 1,13 de 1859 à 1865.

C'est encore bien pis pour le recrutement. A une époque où toutes les carrières sont encombrées, où les candidats se pressent en foule aux concours de Saint-Cyr et de l'École polytechnique, la chirurgie militaire, même en acceptant tous les candidats *admissibles*, même en « faisant appel à la misère, à la besoigneuse anxiété des parents pauvres », en créant des docteurs d'ordre inférieur reçus après quatre années d'études y compris la période des examens, ne parvient pas à compléter ses cadres. Sur 100 élèves entrés à l'école de médecine militaire en 1868, 80,4 pour 100 ont été admis avec bourse et demi-bourse, et sur ce nombre la moitié reçurent bourse entière et trousseau.

A l'insuffisance numérique se joint trop souvent l'insuffisance scientifique, résultat d'une organisation défectueuse. En France, les médecins militaires sont partagés en deux classes : ceux qui sont attachés aux hôpitaux, ceux qui sont attachés aux corps de troupe. Le médecin de régiment fait chaque jour la visite des hommes qui se présentent à l'*infirmerie ; il y retient et y soigne ceux qui n'ont qu'une légère indisposition, puis il envoie à l'hôpital* ceux qui sont réellement malades ; mais ceux-là il ne les soigne pas, le service de l'hôpital n'étant pas dans ses attributions, et, quand il a pendant plusieurs années vécu de cette existence, on peut être sûr que ses connaissances médicales ont été en s'affaiblissant.

Qu'une guerre survienne, et la nécessité forcera de lui donner un service médical qu'on ne croyait pas devoir lui confier en temps de paix. C'est là une situation grave qui réclame une réforme radicale. En Russie, en Autriche, en Prusse, chaque régiment a son hôpital, et les soldats du régiment y sont soignés par le médecin du corps. Lorsque l'hôpital est important, lorsqu'il est affecté à plusieurs régiments, comme le Garnison-Lazareth de Berlin, la direction générale est confiée à un médecin militaire d'un grade supérieur.

Voyons maintenant comment sont traités les médecins militaires, même le chef du service, chirurgien de l'empereur.

Alexandrie, 20 mai 1859. — Monsieur l'intendant général. Je n'ai personne auprès de moi, pas même un planton ou un soldat d'ordonnance, et je suis obligé de suffire seul à l'expédition des dépêches, que je fais porter par un domestique civil... — Baron LARREY, médecin en chef de l'armée d'Italie.

Travagliato, 17 juin.—Plusieurs médecins de l'ambulance du grand quartier général ne sont pas montés ; ils font les étapes à pied ou perchés sur des caissons. Cela n'est pas digne d'une part, et de l'autre cela est nuisible au service.— BERTHERAND, médecin en chef du grand quartier général.

Gallipoli, 4 mai 1854.— Monsieur le président du conseil de santé. J'ai trouvé les médecins qui m'ont précédé dans une situation morale peu satisfaisante, par suite de la position qui leur a été faite... On leur a refusé des ordonnances, et ils ont été obligés d'aller eux-mêmes aux magasins chercher leurs rations de vivres, de faire leur cuisine et même de panser leurs chevaux et d'aller aux fourrages... — SCRIVE, médecin en chef de l'armée d'Orient.

Quant à la situation des médecins, nous nous bornerons à citer un fait,—exceptionnel sans doute mais instructif,—rapporté par M. Le Fort, qui en a été témoin.

C'était à Milan, en 1859. Le médecin en chef des hôpitaux de Milan, M. Cuveiller, avait cru devoir écrire, à la fin de la campagne, une lettre de remercîments aux confrères de la ville qui nous avaient apporté leurs services dans les soins à donner aux blessés. Un beau matin, on convoque à l'hôpital San Ambrogio tous les médecins militaires présents à Milan, les sous-aides requis, parmi lesquels je comptais, et sans doute pour que la gloire de l'intendance fût mieux établie, les médecins civils italiens attachés aux divers hôpitaux. Le motif de cette réunion devait bientôt être expliqué. M. le sous-intendant de Laval... se présente et commence la lecture d'une lettre commençant à peu près ainsi : « Un médecin militaire a cru pouvoir adresser une circulaire... » — Pardon, répond notre éminent confrère, cette lettre, écrite de ma main, n'est pas une circulaire... — Vous ferez quinze jours d'arrêts pour cette observation... »

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE

M. TERQUEM.

Le timbre des sons (1)

Messieurs,

Je me propose, dans cette conférence, de vous faire connaître les principales recherches de M. Helmholtz, professeur de physiologie à l'Université de Heidelberg, sur le timbre des sons et l'audition. Mais permettez-moi de vous exposer d'abord quelques principes fondamentaux de l'acoustique, sans lesquels il serait difficile de comprendre les théories dont j'ai à vous parler.

---

(1) Voyez notre tome IV, page 177, 16 février 1867, une conférence de M. Helmholtz sur les *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*.

ue nous percevons un son, nous nous trouvons néces-
nt à une distance plus ou moins considérable d'un corps
dans un état particulier de mouvement. Quelle est la
de ce mouvement? Une expérience très-simple, faite à
'un pendule, va nous l'enseigner. Je prends, en effet, un
e formé d'un fil très-fin AB, soutenant une boule pesante
nstituant, à l'état d'équilibre un fil à plomb (fig. 123).
range de la verticale; la boule se trouve alors sollicitée
e force provenant de l'action de la pesanteur (fig. 124)

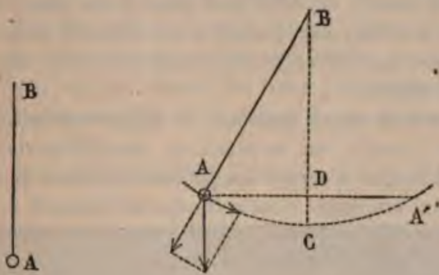


FIG. 123. FIG. 124.

tend à la ramener en C, c'est-à-dire dans la verticale
nt de suspension. Si je l'abandonne à elle-même, elle
en mouvement sous l'influence de cette force; mais,
tu de la vitesse acquise, elle dépasse sa position d'é-
e et remonte jusqu'à une hauteur sensiblement égale
dont elle est tombée. Le pendule exécute ainsi une
'oscillations isochrones de part et d'autre de la verti-
scillations qui pourraient se continuer indéfiniment
endule se mouvait dans le vide et s'il n'y avait aucun
nent au point de suspension.

nême, si, par une action mécanique quelconque, on
e un corps solide, si l'on tire, par exemple, latérale-
une corde fixée par ses deux extrémités et soumise
tension suffisante, les molécules qui constituent ce
se trouvent sollicitées par des forces nommées forces
ues, et qui tendent à les ramener à leur position pri-
. Sous l'influence de ces forces, les molécules exécutent
t et d'autre de cette dernière position des oscillations
ones, comme le pendule de part et d'autre de la verti-
Ce mouvement vibratoire se communique à l'air am-
et arrive à notre oreille. Si le corps qui vibre fait plus
oscillations par seconde et moins de 40 000 environ,
vons la perception d'un son.

on possède plusieurs qualités essentielles : la hauteur,
sité et le timbre.

auteur dépend de la plus ou moins grande rapidité des
ions; plus elles sont rapides, plus le son est élevé; plus
ont lentes, plus le son est grave. Pour vous le démon-
'emploierai la Sirène (fig. 125-127), instrument inventé
gniard de Latour, savant physicien français mort il y a
es années. Elle se compose essentiellement d'une boîte
rique dans laquelle on peut insuffler de l'air par une
re placée à la partie inférieure. La base supérieure
rcée d'une série d'ouvertures circulaires disposées le
'une circonférence. Au-dessus et à une distance aussi
que possible se trouve un disque qui peut tourner au-
'un axe perpendiculaire à son plan et passant par son
; ce disque porte également un certain nombre d'ou-
es qui correspondent exactement à celles de la boîte.
De plus, ces deux séries d'ouvertures, au lieu d'être percées
perpendiculairement au plan du disque et à celui de la base

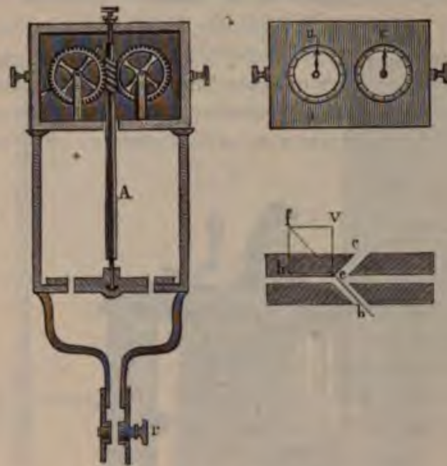


FIG. 125-127. — Sirène de Cagniard de Latour, représentée en coupe. A droite, vue extérieure du compteur, et en dessous, coupe verticale du disque et de la boîte, pour montrer comment l'écoulement de l'air met le disque en mouvement.

de la boîte cylindrique, sont inclinées de telle sorte que l'air insufflé dans la boîte donne au disque, en s'écoulant, un mouvement de rotation. L'écoulement de l'air produit ici le même effet que l'écoulement de l'eau dans le tourniquet hydraulique et les turbines.

Il résulte de la rotation du disque, que les ouvertures de la boîte, tantôt correspondent à celles du disque, tantôt aux intervalles qui les séparent; la sortie de l'air est donc périodiquement interrompue; de là des espèces de chocs contre l'air extérieur analogues à ceux qui proviennent d'un corps solide en vibration, et enfin production d'un son.

A mesure que la vitesse de rotation du disque augmente, les vibrations du son produit deviennent de plus en plus rapides, et l'on entend un son qui monte d'une manière continue.

On n'emploie en musique que certains sons nommés notes et séparés les uns des autres par des intervalles plus ou moins considérables. L'intervalle de deux sons dépend non de la différence des nombres de vibrations qui leur correspondent, comme on serait tenté de le croire, mais de leur rapport, c'est-à-dire qu'il est caractérisé par le quotient de la division du nombre de vibrations d'un des sons par le nombre de vibrations du deuxième.

Pour démontrer ce principe fondamental, que l'on peut appeler la pierre angulaire de l'acoustique, nous emploierons la Sirène double imaginée par M. Helmholtz (fig. 128). Dans cet appareil, il y a deux boîtes, dans lesquelles on insuffle de l'air en même temps, et deux disques fixés sur le même axe, et, par conséquent, tournant tous deux avec la même vitesse.

Chaque boîte porte quatre rangées d'ouvertures disposées suivant des circonférences concentriques, et, en poussant de petites chevilles, on peut faire sortir l'air par les diverses séries d'ouvertures, soit en même temps, soit successivement. Ouvrons, par exemple, les deux séries qui contiennent l'une dix-huit, l'autre neuf ouvertures; quelle que soit la vitesse de rotation, les nombres de vibrations

des deux sons produits seront toujours entre eux comme 9 et 18, c'est-à-dire comme 1 et 2, ce qui constitue l'intervalle d'une octave; on entend, en effet, dans ce cas, deux sons qui montent simultanément d'une manière continue, tout en conservant entre eux ce dernier intervalle. Si l'on ouvre les deux séries 8 et 12, l'intervalle sera caractérisé par le rapport 8 : 12 ou 2 : 3, ce qui constitue une quinte. L'intervalle des deux sons reste encore constant, quelle que soit leur hauteur absolue. On obtient avec cette Sirène un effet vraiment

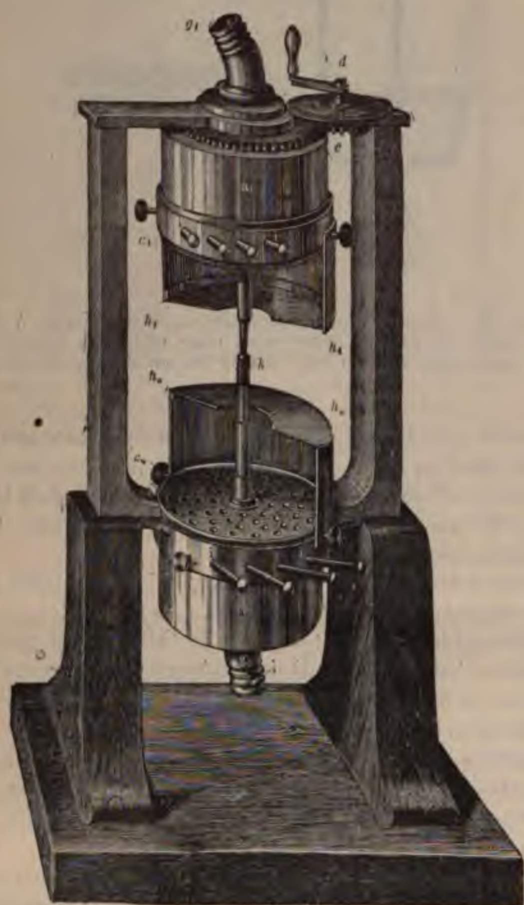


Fig. 128. — Sirène double de M. Helmholtz.

surprenant, en ouvrant à la fois les séries de 8, 10, 12, 16 ouvertures, ce qui donne les quatre notes formant l'accord parfait majeur, ut_1, mi_1, sol_1, ut_2. Cet accord mathématique de quatre sons montant d'une manière continue, surtout quand les sons deviennent un peu aigus, produit une sensation des plus agréables et qu'on ne saurait définir.

La Sirène double peut servir à démontrer un grand nombre de principes de l'acoustique, entre autres, que si l'intervalle de deux sons est caractérisé par le rapport de deux nombres simples et notablement différents l'un de l'autre, tels que $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$, ces deux sons produits en même temps forment des consonnances. Quand, au contraire, les deux nombres dont le rapport caractérise l'intervalle de deux sons, deviennent assez élevés et peu différents l'un de l'autre, on obtient des dissonances. Ainsi, en ouvrant à la fois, dans la Sirène, les deux séries 8 et 9, ou mieux encore 15 et 16, on obtient des dissonances qui, pour l'impression désagréable qu'elles produisent, sont aussi parfaites que les consonnances agréables obtenues avec le même appareil (1).

Ainsi donc l'intervalle de deux sons dépend du rapport des nombres de vibrations qui leur correspondent; et, pour deux sons séparés par le même intervalle, mais pris dans diverses parties de l'échelle musicale, la différence des nombres de vibrations est d'autant plus grande que ces deux sons deviennent plus aigus.

Je n'ai que peu de choses à dire de l'intensité des sons; cette qualité dépend de l'amplitude des vibrations; tous les musiciens savent, en effet, que pour jouer *piano* sur un instrument à corde, par exemple, on ébranle faiblement les cordes; que pour jouer *forte*, on leur donne des mouvements plus énergiques.

Deux sons de même hauteur, de même intensité, peuvent faire sur l'oreille des impressions très-différentes, suivant l'instrument qui a servi à les produire, suivant le mode d'ébranlement employé; c'est cette qualité spéciale qu'on désigne sous le nom de *timbre*.

Ainsi un tuyau à embouchure de flûte, un tuyau à anche, tel qu'une clarinette ou un hautbois, un piano, peuvent rendre exactement la même note, et cependant l'oreille distinguera le son produit par chaque instrument. Il est difficile de définir exactement le timbre; on le désigne habituellement par des épithètes telles que sourd, sonore, dur, plein, creux..., ou, mieux encore, on cherche à en donner une idée plus nette en indiquant l'instrument employé à produire le son.

Si la hauteur du son est déterminée par la rapidité des vibrations, et l'intensité par leur amplitude, le timbre ne peut dépendre que de la forme même des vibrations. On conçoit, en effet, que le mouvement des molécules des corps sonores peut être variable, quoique la durée de la vibration et par suite la hauteur du son restent les mêmes. Ainsi il existe un grand nombre de mouvements oscillatoires qui diffèrent complétement de celui d'un pendule que je vous avais donné tout à l'heure comme le type du mouvement des molécules dans les corps sonores. Par exemple, quand un forgeron travaille du fer sur l'enclume, il soulève son marteau lentement et le laisse retomber rapidement; quand un enfant joue avec une balle, il la lance avec une vitesse initiale assez considérable; celle-ci s'élève jusqu'à ce que sa vitesse devienne nulle, s'arrête un instant et redescend avec une vitesse accélérée, détruite instantanément par le choc contre la main de l'enfant; quand on scie du bois, on tire la scie lentement et on la pousse plus rapidement, et en même temps la scie éprouve de petites secousses par suite du choc des dents contre les particules de bois qu'elle doit entraîner; par une singulière coïncidence, M. Helmholtz a constaté que le mouvement vibratoire des cordes d'un violon sous l'action de l'archet a souvent de l'analogie avec celui de la scie.

L'expérience vient justifier cette présomption que le timbre varie avec la forme des vibrations. En effet, prenons une corde tendue sur une caisse renforçante, comme cela est réalisé

(1) La sirène employée dans la conférence était construite par M. Kœnig, jeune constructeur de Paris, dont la réputation est maintenant établie dans le monde savant de tous les pays; je suis heureux de pouvoir le remercier de l'obligeant concours qu'il a bien voulu me prêter pour la partie expérimentale de cette conférence, en mettant disposition divers appareils d'acoustique qui me manquaient

ıareil nommé sonomètre; nous pourrons l'ébranler es manières différentes, soit en l'écartant de sa po- quilibre à l'aide d'une pointe ou bien avec un corps ue le doigt, soit en la frappant avec une lame mé- u avec un marteau recouvert d'une substance élas- ıme ceux dont on fait usage dans le piano, soit enfin yant un archet; on obtient ainsi des sons dont le st très-différent, quoique leur hauteur reste la son obtenu à l'aide du marteau mou a le timbre lein, quoique moins mordant que le timbre du ıit par l'archet ou le pincement de la corde. En la corde un petit style et faisant glisser au-dessous de verre couverte de noir de fumée, pendant que ibre, on peut obtenir un tracé graphique qui indi- chaque cas quel est la nature du mouvement de la

e 129-133 représente des courbes ainsi tracées, quand



33. — Courbes d'une même corde vibrante suivant la nature de nt d'ébranlement (reproduites au dixième). — 1, pointe; 2, doigt; 4, marteau; 5, archet.

a été ébranlée à l'aide des divers moyens indiqués ıt, le point de la corde mis en mouvement restant le même, c'est-à-dire au dixième de la corde à partir xtrémité.

sonnement et l'expérience démontrent donc d'une évidente que le timbre des sons est lié d'une ma- ıme au mode de vibration; mais quelle est cette re- tant donné un son d'un timbre particulier, pourra-t-on re de quelle manière vibrent les molécules et réci- ıent? Cette question était restée sans réponse jus- ur où M. Helmholtz est venu la résoudre de la ma- plus simple, mais non la plus complète. Car il y a ur ce sujet un grand nombre de faits nouveaux à dé- et à élucider.

ut, avec M. Helmholtz, diviser les divers sons en sons et en sons composés.

ns simples sont produits par des corps dans lesquels écules exécutent des vibrations non-seulement analo- ais identiques à celles d'un pendule; cette espèce de ıs a reçu le nom de vibrations pendulaires, épithète ıe souvent au son lui-même. Un diapason onnante produit un son simple ou

Pour vous démontrer l'identité des mouvements d'un diapason et d'un pendule, prenons un petit pendule AB suspendu à un crochet CA (fig. 134); si, pendant qu'il fait de faibles oscillations de part et d'autre de la verticale, je fais glisser le



Fig. 134.



Fig. 135.

crochet CA le long de la tige DE, la boule B décrit dans l'espace une courbe sinueuse qui, par une heureuse coïncidence, a été nommée sinusoïde (fig. 135) et que l'on peut, du reste, tracer théoriquement d'après les lois connues des oscillations du pendule.

Pour faire voir les vibrations du diapason, employons l'ingénieux procédé imaginé par M. Lissajous. Sur un diapason portant un miroir à son extrémité, faisons tomber un mince faisceau lumineux qui, par réflexion, fait sur l'écran une tache lumineuse circulaire (fig. 136). Si l'on fait vibrer le diapason, la tache lumineuse se change en une ligne droite verticale; cette ligne paraît continue à cause de la persistance des impressions sur la rétine; car, en réalité, le rayon lumineux en parcourt successivement les diverses parties.

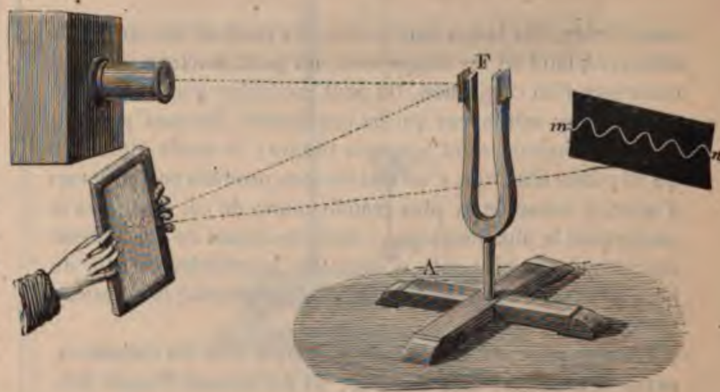


Fig. 136. — Appareil de M. Lissajous pour l'étude optique des vibrations du diapason (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

Si sur le trajet du faisceau lumineux nous plaçons un miroir plan qui oscille autour d'un axe vertical, la trace lumi-

neuse décrit une ligne horizontale, et si le diapason vibre en même temps, nous obtenons sur l'écran une ligne sinueuse, dont on peut ainsi étudier la forme et que l'on reconnaît être identique avec celle que décrit un pendule quand on le fait glisser le long d'une tige verticale pendant qu'il vibre.

Les sons pendulaires, dans la partie inférieure de l'échelle musicale, ont un timbre sourd et paraissent plus graves qu'ils ne le sont en réalité; dans le haut, ils sont généralement doux et surtout très-purs, moins perçants que les sons élevés de la voix humaine ou des instruments à cordes; un timbre de cette espèce est souvent désigné par l'épithète d'argentin ou cristallin, parce qu'en effet, un verre de cristal frappé, par exemple, avec le manche d'un couteau rend un son simple ou pendulaire.

Ce genre de son doit conserver toujours le même timbre, quels que soient le mode d'ébranlement employé et la nature du corps qui produit le son. On peut le démontrer facilement avec quelques appareils qui sont presque des jouets d'enfants, nommés Harmonicas, et qui sont formés de lames rigides fixées en deux points voisins des extrémités. On peut prendre des lames de bois, comme dans l'instrument représenté figure 137, ou bien des lames de verre ou des lames d'acier. Des lames ainsi soutenues rendent des sons pendulaires quand on les frappe avec un petit marteau de bois recouvert d'un corps mou. On peut constater que, malgré la diversité des substances qui les constituent, les sons produits par ces harmonicas ont le même timbre; la seule différence qu'on puisse observer, c'est que les sons produits par les lames d'acier, à cause de la plus grande masse de ces dernières se prolongent le plus longtemps; celui des lames de bois s'éteint au contraire le plus vite, à cause de la moindre densité du bois, et aussi à cause des défauts d'homogénéité de sa structure.



FIG. 137. — Claque-bois ou harmonica à lames de bois (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

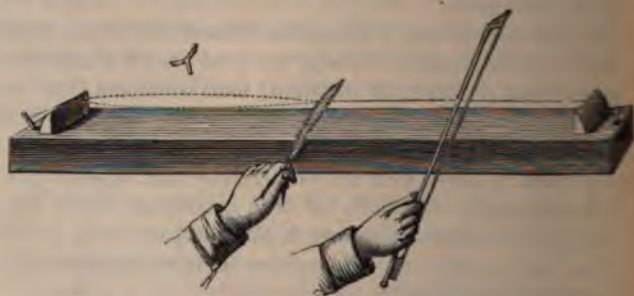
Les sons pendulaires sont peu employés dans les orchestres, parce que, malgré leur douceur, ils deviennent bientôt fatigants et même intolérables par leur monotonie, ainsi qu'on peut le constater avec les boîtes à musique; de plus, comme pour produire cette espèce de sons on emploie des corps rigides, tels que des lames ou des timbres, les sons ne s'éteignent pas assez vite et forment les cacophonies les plus désagréables; c'est là ce qui rend si peu harmonieux les carillons dont sont si fières les villes de la Flandre et de la Belgique. Cependant on emploie, dans les musiques militaires allemandes, des harmonicas à lames d'acier; le sistre des anciens appartient au même genre d'instrument.

Un même corps solide peut souvent faire entendre différents sons pendulaires suivant le mode d'ébranlement employé. Ainsi, prenons un grand diapason rendant un son très-grave, ut_1 (64 vibrations par seconde), quand on l'ébranle vers le haut avec un archet; si, au contraire, on l'ébranle vers le bas, il rend un son bien plus aigu, pour lequel les vibrations sont environ six fois plus rapides que pour le son le plus grave.

Une corde tendue peut de même rendre plusieurs sons qui forment ce qu'on est convenu d'appeler la série des sons harmoniques. Comme ces divers sons jouent un rôle capital dans la théorie du timbre, il est nécessaire de nous arrêter quelque temps sur leur production et leur relation réciproque.

Le nombre de vibrations des sons rendus par une corde varient, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse de sa longueur; tout le monde sait, en effet, que dans le violon, la guitare, on tire différents sons d'une corde en raccourcissant par l'apposition des doigts la partie qui vibre. Si donc on appuie légèrement le doigt ou un autre corps, tel qu'une plume, un pinceau, au milieu d'une corde et qu'on ébranle une des moitiés avec un archet, la corde se séparera en deux parties vibrant séparément (fig. 138) et l'on obtiendra l'octave du son fondamental, puisque les vibrations sont deux fois plus rapides. En plaçant le doigt au tiers, on force la corde à se séparer en trois parties qui vibrent séparément (fig. 139); le son produit fait donc trois fois plus de vibrations que le son fondamental dans le même temps; de même, si l'on place le doigt au quart, la corde vibrera comme quatre petites cordes placées bout à bout; le son est donc quatre fois plus élevé, et ainsi de suite. En résumé, si l'on appuie très-légèrement le doigt aux points de la corde vibrante représentés par les frac-


FIG. 138. — Corde se séparant en deux parties vibrant à part et donnant l'octave du son fondamental (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).


FIG. 139. — Corde se séparant en trois parties vibrante séparément (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

tions $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$... de la longueur totale, on obtiendra des sons dont les nombres de vibrations seront à celui que rend la corde quand elle vibre dans son entier, comme les nombres 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9... sont à l'unité. Ces sons harmoniques, appartenant à la classe des sons pendulaires, se font remarquer par leur douceur et leur pureté.

Chaque son harmonique est désigné habituellement par un numéro correspondant à son nombre de vibrations, le son fondamental étant représenté par le nombre 1. Les premiers harmoniques sont très-séparés les uns des autres, et si nous désignons par ut_1 le son fondamental, les divers harmoniques forment la série suivante :

$$\begin{matrix} ut_1, & ut_2, & sol_2, & ut_3, & mi_3, & sol_3, & si\flat_3, & ut_4, & ré_4. & mi_4... \\ 1, & 2, & 3, & 4, & 5, & 6, & 7, & 8, & 9, & 10... \end{matrix}$$

Jusqu'au son 7 exclusivement, qui est un peu plus grave que le *si* bémole de l'octave correspondante, on a, entre les divers harmoniques, tous les intervalles consonnants employés en musique, savoir l'octave $\frac{2}{1}$, la quinte $\frac{3}{2}$, la quarte $\frac{4}{3}$, la tierce majeure $\frac{5}{4}$, la tierce mineure $\frac{6}{5}$, la sixte majeure $\frac{5}{3}$; la sixte mineure $\frac{8}{5}$, qui est presque une dissonance, sort déjà de ces limites. Au delà du son 7, chaque harmonique forme avec le suivant une véritable dissonance; l'intervalle de deux harmoniques atteint un ton, du 8e au 9e, et devient, ensuite, égal à un demi-ton, puis plus petit que les intervalles employés en musique.

L'audition des harmoniques successifs d'une corde à l'aide d'une série de diapasons accordés à cet effet, montre d'une manière évidente, comme du reste on peut aussi le vérifier avec la sirène double de Helmholtz, que les six premiers harmoniques, combinés entre eux de toutes les manières possibles, ne donnent que des accords consonnants; les suivants, au contraire, par les accords dissonants qu'ils produisent, ne méritent nullement le nom qui leur a été donné.

On peut mettre en évidence les subdivisions d'une corde rendant les divers harmoniques du son fondamental, à l'aide d'une ingénieuse méthode imaginée par M. Melde, professeur à l'Université de Marbourg. On prend, à cet effet, un cordon assez fort; une ganse de soie et argent convient parfaitement, parce qu'elle est visible de loin, surtout quand on l'éclaire par un large faisceau de lumière électrique.

Cette ganse est fixée à l'une des branches d'un diapason par une de ses extrémités, et à une cheville par l'autre, de telle sorte qu'on peut la tendre plus ou moins; or, le nombre des vibrations du son que rend une corde est d'autant plus considérable que la tension est plus forte. Si donc la corde est convenablement tendue, elle pourra rendre le même son que

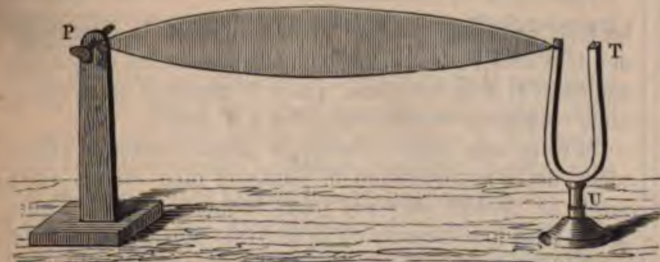


Fig. 140. — Corde fixée à un diapason et vibrant à l'unisson avec lui (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

le diapason auquel elle se trouve fixée et sera mise en vibration dans toute son étendue, quand on ébranlera le diapason comme le représente la figure 140. Si l'on détend la corde, soit en tournant la cheville, soit en rapprochant le diapason, le son fondamental de la corde baisse et, pour une certaine tension, la corde rendra l'octave grave du diapason; ce dernier sera donc à l'unisson du deuxième harmonique de la corde; quand on le fera vibrer, il communiquera son mouvement à la corde, et celle-ci se divisera en deux parties vibrant séparément, avec un point fixe au milieu. En détendant progressivement la corde, on obtient trois, quatre divisions, comme le représente la figure 141-144 (1), et davantage (2).



Fig. 141-144. — Corde fixée à un diapason avec tension de moins en moins grande. Elle se partage en un nombre successivement croissant de parties vibrantes qui donnent des sons de plus en plus bas (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

Quand, avec un même corps, il est possible d'obtenir plusieurs sons pendulaires différents, comme nous venons de le constater avec les cordes et les diapasons, on peut également, en ébranlant convenablement ce corps, l'obliger à en produire deux ou même plus en même temps. Dans ce cas, les molécules du corps vibrant auront un mouvement complexe, que l'on peut obtenir en composant les vibrations pendulaires qui coexistent d'après le principe de mécanique relatif à la composition des mouvements simultanés. Ce pendule composé



Fig. 145. — Pendule composé.

vous fera comprendre la nature du mouvement des molécules du corps sonore. Il est formé (fig. 145) d'un premier pen-

(1) Dans cette figure, le diapason ébranle la corde dans le sens de sa longueur; il vaudrait mieux qu'il fût tourné de 90 degrés, de telle sorte que la corde fût perpendiculaire au plan des deux branches; il est encore préférable de fixer la corde suivant le prolongement d'une des branches en plaçant le diapason horizontalement.

(2) Pour rendre l'expérience bien visible de loin, il est bon de pren-

dule AB, terminé par une boule de cuivre assez pesante, à laquelle est suspendu un second pendule plus petit dont la boule C en ivoire est assez légère.

Si BC est le quart de AB, le petit pendule oscillera deux fois plus vite que le grand, et si l'on écarte les deux pendules à la fois, le mouvement de la petite boule sera dû à la composition des oscillations des deux pendules. Il en est de même dans un corps qui produit simultanément deux ou plusieurs sons pendulaires.

Je reprends le gros diapason qui nous a déjà servi, et si je l'ébranle tantôt vers le haut, tantôt vers le bas, ou bien en un point intermédiaire, on entend en même temps les deux sons que j'avais obtenus séparément. Si l'on fixe sur le diapason une pointe, que l'on fait glisser sur une lame de verre noircie pendant que le diapason vibre, on obtient un tracé graphique qui représente le mode de vibration du diapason. La courbe 1 à larges crans (fig. 146-148) représente le son

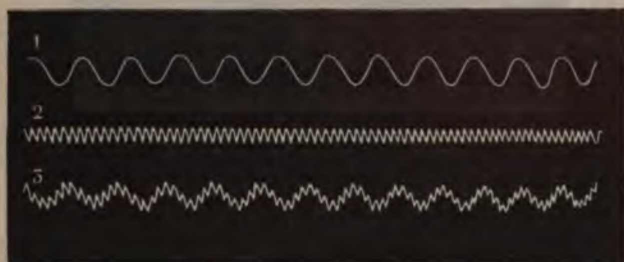


Fig. 146-148. — Courbes tracées par les vibrations d'un diapason. 1, son fondamental ; 2, deuxième son ; 3, coexistence de ces deux sons.

fondamental du diapason, la courbe à crans serrés (2) correspond au deuxième son, et la troisième (3) à la coexistence des deux premiers. On voit ainsi comment se composent les deux mouvements vibratoires, de telle sorte que chacun paraît indépendant de l'autre.

La coexistence des mouvements vibratoires ne peut pas être mieux démontrée qu'à l'aide d'un instrument aussi simple qu'ingénieux, nommé kaleidophone, et imaginé il y a déjà longtemps par l'illustre physicien anglais Wheatstone. Il se compose d'une tige cylindrique, d'une aiguille à tricoter par exemple, fixée par l'une de ses extrémités dans une masse de plomb, et portant à l'autre un petit miroir perpendiculaire à la tige ; faisons tomber sur ce miroir un faisceau étroit de rayons lumineux qui va former sur l'écran une petite tache circulaire lumineuse. Si l'on ébranle la tige, l'image circulaire se change en une ellipse, un cercle, ou une ligne droite, suivant le mode de vibration de la tige. Mais, en forçant la tige à rendre plusieurs sons simultanés, on voit les lignes précédentes devenir sinueuses et indiquer manifestement la coexistence de plusieurs modes de vibrations. Les figures 149 et 150 sont celles qui se présentent le plus souvent ; mais on peut en obtenir un bien plus grand nombre, se modifiant continuellement, et dont la description est pour ainsi dire impossible.

Les cordes nous présentent des phénomènes semblables.

dre une ganse soie et argent de 2 mètres au moins de long ; les amplitudes sont alors très-grandes à tous les ventres ; il est vrai que pour cette longueur, on ne peut tendre assez la corde pour lui faire rendre le son fondamental, même en prenant un gros diapason donnant ut_1 (64 vibrations doubles).

Plaçons deux diapasons horizontaux vis-à-vis l'un de l'autre, en laissant entre les extrémités libres un espace de quelques centimètres, puis réunissons deux branches par un fil



Fig. 149.



Fig. 150.

Images du kaléidophone (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

de soie fixé ainsi par chacune de ses extrémités à chaque diapason ; si les deux diapasons choisis sont à l'octave l'un de l'autre, on pourra donner à la petite corde interposée une tension telle qu'elle vibre à l'unisson du diapason le plus grave et que par suite son second harmonique soit à l'unisson du diapason le plus élevé. Si l'on fait vibrer les deux diapasons à la fois, la corde prendra un mouvement complexe, dû à la coexistence du son fondamental et de son octave, qui constitue le deuxième harmonique.

En éclairant cette corde par un faisceau de lumière électrique, on peut projeter son image agrandie sur un écran et faire voir la forme de la corde vibrante, qui accuse nettement la superposition de deux mouvements vibratoires (fig. 151-154) ;

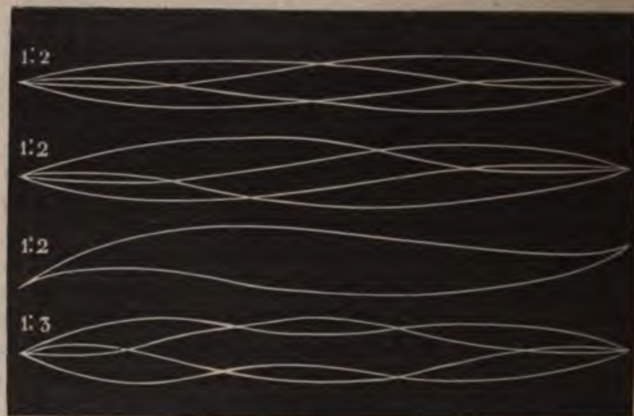


Fig. 151-154. — Formes complexes que prend une corde fixée par ses deux extrémités à des diapasons de hauteurs inégales qui vibrent en même temps.

les trois premières courbes correspondent à la coexistence des deux sons 1 et 2 ; la dernière à la coexistence du son fondamental et de sa douzième, qui est le troisième harmonique. Cette expérience est également due à M. Melde.

Du reste, sans nous en douter, à chaque instant ce phénomène de la superposition de plusieurs mouvements vibratoires se produit sous nos yeux. Supposons-nous, en effet, placés dans une enceinte où se trouvent plusieurs centres de production de sons ; il est évident que, dans une couche d'air, il ne peut exister, à un instant donné, qu'un certain mouvement, un état particulier de condensation ou de dilatation, résultant de la composition des mouvements partiels correspondant aux divers sons qui coexistent, que ces divers sons aient pris naissance dans un ou plusieurs corps.

Il se produit ici un phénomène analogue à celui que l'on peut observer quand la surface de l'eau est agitée par diverses causes perturbatrices. Supposez-vous placés sur le bord d'un lac ou d'une pièce d'eau assez grande, et dont la surface soit parfaitement calme. Jetez une pierre dans l'eau, vous verrez se développer ces cercles qui vont toujours en grandissant et qui sont dus à la propagation du mouvement vibratoire, auquel a donné naissance la pierre lancée, en pénétrant dans l'eau; si vous jetez une seconde pierre à une certaine distance de la première, vous produirez une seconde série de cercles, qui couperont les premiers; l'œil peut suivre séparément la propagation de chacune de ces deux séries d'ondes, et cependant, en un point quelconque, les molécules d'eau atteintes par ces deux mouvements ondulatoires, n'ont qu'un seul mouvement dû à la composition des deux mouvements partiels qui se superposent.

Souvent on peut suivre ainsi la propagation d'ondes très-diverses, sur la surface de la mer, quand elle est calme. Ce sont d'abord de longues vagues arrondies, qui se succèdent régulièrement et qui, produites par un vent modéré, viennent du large, pour mourir sur la plage. Qu'un oiseau, tout en pêchant, vienne effleurer du bout de ses ailes la surface de l'eau, il laissera comme trace de son passage de grands cercles qui se propageront tout en montant et en descendant avec les grandes vagues, beaucoup plus étendues et plus puissantes. Quelquefois le mouvement ondulatoire de la mer en venant se réfléchir sur la côte, donne naissance à d'autres vagues plus petites qui rencontrent, sous un angle plus ou moins grand, celles qui arrivent, et viennent denteler leur cime. Il est peu de spectacle aussi attrayant et aussi capable d'absorber l'attention de l'observateur, même le moins sensible aux beautés de la nature.

L'oreille de même que l'œil jouit de la propriété de séparer, dans un mouvement vibratoire complexe, les divers mouvements élémentaires qui l'ont produit, mais par un mécanisme tout différent. L'œil, en effet, peut embrasser une grande étendue de la surface de l'eau; l'oreille, au contraire, perçoit seulement le mouvement vibratoire d'un point imperceptible de l'espace; elle est dans la situation de l'œil observant la surface agitée de l'eau, en limitant à l'aide d'un long tube, le champ de ses explorations; dans ce cas, celui-ci ne pourrait plus rien démêler. L'oreille, au contraire, divise le mouvement complexe qui lui arrive en mouvements pendulaires et perçoit séparément les divers sons qui leur correspondent. C'est le physicien allemand Ohm, plus connu par ses recherches mathématiques sur l'électricité dynamique, qui le premier a énoncé cette loi remarquable; mais c'est M. Helmholtz qui l'a démontrée et justifiée par de nombreuses expériences.

Cette propriété particulière de l'oreille, nous la constatons tous les jours. Quand nous nous trouvons par exemple dans une salle de bal, ainsi que le fait remarquer M. Helmholtz, auquel j'ai déjà emprunté la citation précédente, que de bruits divers se croisent dans tous les sens et viennent à la fois frapper notre oreille ! Aux sons puissants de l'orchestre se mêlent les sons aigus, secs, de peu de durée, dus au bruissement des robes de soie, aux glissements des pieds sur le parquet; et malgré tous ces bruits divers nous pouvons encore écouter quelque conversation tenue à voix basse à côté de nous.

Ainsi donc, en général, l'oreille peut distinguer les uns des autres divers sons émis en même temps, soit par le même corps, soit par des corps différents, ce qui au fond revient au même, à cause de la superposition des mouvements vibratoires pendant leur propagation dans l'atmosphère. Mais en est-il toujours ainsi, quels que soient les sons qui coexistent ?

Si ces derniers sons n'ont entre eux aucun rapport simple, comme par exemple les deux sons émis par un même diapason, on les entend toujours distinctement. Il est bien plus difficile déjà de distinguer les diverses parties d'un morceau d'ensemble; ainsi, à moins d'une organisation musicale exceptionnelle, et d'une grande habitude, il est impossible d'entendre les divers instruments, les diverses parties vocales qui concourent à l'exécution d'un morceau d'ensemble dans un opéra; mais que l'une des cordes d'un violon vienne à casser, qu'un instrument joue notablement faux, l'oreille l'entendra aussitôt.

Si enfin les sons qui coexistent sont entre eux comme les divers harmoniques d'une corde par exemple, l'oreille ne les distingue plus que très-difficilement ou même plus du tout, si elle n'y est pas préparée par une éducation spéciale.

Je puis vous le faire voir à l'aide d'une série de diapasons montés sur des boîtes résonnantes, et accordés mathématiquement par M. Kœnig, de manière à produire le son fondamental et les divers harmoniques d'une corde. Le plus grand diapason rend le son ut_2 (128 vibrations par seconde), et les autres les sons ut_3, sol_3, ut_4, mi_4, sol_4, $si\flat_4$, ut_5, qui constituent les huit premiers harmoniques du son ut_2.

Faisons vibrer à la fois tous ces diapasons. J'appellerai votre attention sur deux faits principaux. D'abord, vous remarquerez l'éclat et le renforcement que donnent au son fondamental, assez sourd par lui-même, la production simultanée de ses harmoniques; les six premiers harmoniques ajoutés au son fondamental, comme on le fait du reste depuis longtemps dans le grand jeu de l'orgue, ne produisent entre eux que des consonnances; ils laissent au son fondamental toute sa douceur, sa pureté, tout en lui donnant de l'éclat et une sonorité surprenante; le septième harmonique au contraire, qui forme avec le sixième et le huitième des dissonances, vient un peu troubler l'harmonie formée par les six premiers, et donne au son entendu quelque chose de plus strident; si l'on ajoutait des harmoniques supérieurs au huitième, l'effet serait encore plus sensible.

En second lieu, si on laisse les vibrations des sons supérieurs s'éteindre un peu, tout en ébranlant de temps en temps le diapason le plus grave, de manière à faire dominer le son fondamental, on cesse complétement d'entendre les premiers; on n'entend plus que le son fondamental légèrement modifié dans son timbre; si alors on l'étouffe, en plaçant la main sur le grand diapason, on constate que les harmoniques existent encore, quoiqu'on ne les entendît plus précédemment.

L'audition de ces diapasons qui donnent des sons dont les intervalles sont représentés exactement par les nombres 1,2, 3,4,5,6, produit sur l'oreille une sensation excessivement agréable, quoiqu'il n'y ait là qu'une série d'accords; les mêmes notes frappées à la fois sur un piano, ne produisent plus du tout la même impression, d'abord, à cause de la cessation trop rapide du son, puis parce que les diapasons employés dans cette expérience donnent des sons dont les intervalles sont parfaitement justes, tandis que dans le piano les intervalles ne sont qu'approchés, à cause des légers changements qu'on fait subir à la hauteur des notes et qui constituent ce qu'on appelle le tempérament des instruments à sons fixes. Même avec l'harmonium, dont les sons cepen-

tant peuvent être soutenus, l'effet produit n'est plus le même qu'avec cette série de diapason, également à cause du tempérament.

Une des causes qui contribuent à la fusion d'un son fondamental avec ses harmoniques, c'est qu'ils forment un ensemble de sons parfaitement périodique, les nombres des vibrations des harmoniques étant des multiples exacts du nombre de vibrations du son fondamental ; si l'on introduit en effet un autre son étranger à la famille des harmoniques, non-seulement il ne se fond pas aussi complétement avec le son fondamental, on l'entend quelque faible qu'il soit ; mais encore il forme avec les harmoniques voisins des accords parfaitement saisissables, et qui décèlent la présence de ces derniers, que l'on n'entendait plus auparavant. On obtient cet effet à l'aide d'un diapason donnant le son mi_3, harmonique de ut_1, octave grave du son fondamental employé.

Ainsi donc, toutes les fois qu'un son pendulaire assez intense est accompagné de plusieurs de ses harmoniques relativement faibles, l'oreille les perçoit difficilement ; mais ce qu'elle constate immédiatement, c'est le changement de timbre du son dominant. On peut démontrer ce principe important, et qui est la base de la théorie de M. Helmholtz à l'aide d'une expérience faite avec l'harmonica chimique. AB est un large tube de verre de 1 mètre environ (fig. 155) ; à la partie



Fig. 155. — Harmonica chimique.

inférieure est fixée une virole de cuivre BC, portant latéralement deux larges ouvertures ; le tube DE effilé à son extrémité supérieure communique avec une conduite de gaz. En plaçant ce tube vers le quart du grand, et allumant le jet de gaz, on peut, en ouvrant plus ou moins le robinet R, obtenir soit le son fondamental, soit le deuxième harmonique, c'est-à-dire l'octave aiguë du premier son, et enfin produire les deux sons à la fois ; quand ce résultat est obtenu, la flamme paraît formée de deux petites flammes superposées, et si l'on regarde son image dans un miroir tournant, ou même directement en déplaçant la tête par un brusque mouvement de rotation, on aperçoit une série de flammes séparées par des espaces complétement obscurs ; mais alternativement se trouve une grande et une petite flamme. Il est donc certain ici qu'il y a coexistence de deux sons ; cependant c'est à peine si l'on entend l'octave aiguë, il faut pour cela une grande attention ; mais le timbre du son fondamental se trouve immédiatement modifié par l'adjonction du son deuxième harmonique ; il semble que l'on entende successivement les deux voyelles OU et O, et en même temps le son fondamental paraît plus élevé.

Le timbre du son rendu par une corde variera donc suivant le rang et l'intensité des harmoniques qui coexisteront avec le son fondamental, ce qui dépendra uniquement du mode d'ébranlement employé. Il faut pour un bon timbre musical que le son fondamental soit accompagné des harmoniques inférieurs, d'une intensité assez faible, ce qui a lieu dans les bons pianos. Il faut éviter la présence du septième harmonique ; c'est ce qui justifie l'usage depuis longtemps adopté de faire frapper les marteaux vers le septième de la corde ; de la sorte, ce septième harmonique ne peut se produire, car il exigerait la production d'un nœud juste au point frappé ; ce qui ne peut avoir lieu. La nature de la substance qui recouvre le marteau a une grande influence sur le timbre du son produit ; si le marteau est dur, comme cela se présente dans les pianos un peu usés, le son fondamental est accompagné d'harmoniques élevés dissonnants entre eux, et qui rendent le timbre sec et métallique ; au contraire, si les marteaux sont garnis d'une couche épaisse d'une substance molle et flexible, le contact du marteau et de la corde dure plus longtemps, la déformation est moins grande, et le son fondamental n'est accompagné que des harmoniques inférieurs.

L'oreille, avons-nous vu, distingue très-difficilement les harmoniques qui accompagnent le son fondamental d'une corde par exemple ; cela tient surtout à ce que notre attention se porte plutôt sur les objets extérieurs, causes de nos sensations, que sur les phénomènes qui se produisent dans nos propres organes ; cette espèce d'observation subjective n'a aucun intérêt pour nous habituellement, et ne peut que troubler le jugement que nous portons sur l'objet qui nous a impressionné. Dans le phénomène de la vision, il y a des faits complétement analogues à citer. Ainsi Mariotte a-t-il étonné grandement toute la cour du roi d'Angleterre Charles II, le jour où il fit voir qu'il existe au fond de l'œil un espace très-grand, sur lequel peuvent tomber les rayons lumineux sans que nous en ayons la perception ; nous ne nous en apercevons pas habituellement, parce qu'en tournant la tête et les yeux vers les objets que nous voulons examiner, nous empêchons l'image de ces objets de venir se faire sur ce point insensible de la rétine.

Pour pouvoir étudier les sons complexes comme ceux que produisent les cordes, M. Helmholtz a eu l'idée heureuse d'employer certains appareils nommés *résonnateurs*, qui remplissent dans l'acoustique le rôle du prisme en optique ; leur emploi est fondé sur le phénomène de la résonnance.

Si l'on ébranle un diapason et qu'on le tienne à la main, il rend un son à peine perceptible à quelque distance ; mais si, à côté, on place un vase creux rempli d'air et d'une capacité déterminée, ce qu'on peut obtenir en versant de l'eau dans un

dre (fig. 156), le son se trouve notablement renforcé par des réflexions multiples qui s'opèrent contre le fond et



56. — Renforcement du son d'un diapason par le voisinage d'un vase creux de capacité déterminée (d'après *le Son* de M. J. Tyndall).

re l'ouverture de ce vase. Supposons que l'on ait série de sphères creuses de laiton de diverses dimensions (fig. 157), ouvertes largement à la partie anté-

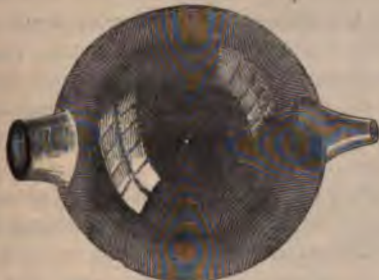


Fig. 157. — Résonnateur de M. Helmholtz.

re et terminées par une tubulure que l'on intro- dans le tube auditif en se bouchant soigneusement re oreille ; chacune de ces sphères, qui ont reçu le nom *ésonnateurs*, renforce un son différent suivant ses dimen- s; si donc, on entend un son complexe, et que l'on ait à isposition une série de résonnateurs qui en renforcent les rs harmoniques, pour reconnaître quels sont ceux qui istent avec lui, il suffira de munir successivement l'oreille es divers résonnateurs ; l'harmonique à l'unisson du réson- ur essayé sera seul renforcé, les autres au contraire rela- nent étouffés ; après quelques essais, on pourra donc no- facilement les harmoniques qui accompagnent le son amental et ceux qui font défaut. Cette ingénieuse mé- e, qui permet d'analyser les sons composés comme on mpose avec le prisme une couleur quelconque en cou- s simples, est appelée à rendre d'immenses services, non- ement dans les études théoriques de l'acoustique, mais re dans les applications de cette science à la construction des instruments de musique. Malheureusement, les résonnateurs cessent de remplir leur office quand ils deviennent trop petits, ce qui nuit à l'étude des sons très-élevés.

Cet effet des résonnateurs est du reste connu depuis longtemps, et les enfants s'en amusent souvent ; en effet, le bruit que paraissent produire les grandes coquilles quand on applique leur ouverture contre le conduit auditif, est dû simplement à ce que la conque agit comme un résonnateur et renforce quelques-uns des mille bruits si peu intenses produits incessamment autour de nous ; dans le silence le plus absolu, la coquille resterait également silencieuse.

Il y a d'autres instruments que les cordes ou les tuyaux dits à embouchure de flûte qui produisent des sons non pendulaires sans que rien dans leur construction puisse autoriser à considérer ces sons comme dus à la coexistence d'un son fondamental et de ses harmoniques ; tels sont les tuyaux à anches (fig. 158).



Fig. 158. — Tuyau à anche.

Dans ces appareils, le vent est amené dans un tuyau rectangulaire ou cylindrique assez large par un tube placé à la partie inférieure ; le tuyau est fermé à la partie supérieure par une espèce de bouchon de bois ; dans cette pièce est creusé un canal longitudinal fermé à la partie inférieure, mais présentant sur le côté une large ouverture rectangulaire dans laquelle est placée une petite languette métallique qui a des dimensions un peu moindres que l'espèce de fenêtre dans laquelle elle peut se mouvoir ; cette languette nommée *anche* est fixée par une de ses extrémités, et la partie libre qui peut vibrer peut être allongée ou raccourcie à l'aide d'une petite tige de fer recourbée nommée la *rasette*. L'anche mise en mouvement par le courant de l'air vient interrompre la sortie de l'air au moment où, en vibrant, elle passe dans l'ouverture rectangulaire par laquelle l'air peut s'échapper ; il se produit ainsi un son très-intense, tout à fait différent de celui que peut rendre l'anche elle-même ; la production du son est due à la sortie périodique de l'air comme dans la sirène ; mais comme la sortie de l'air est brusquement interrompue par la

lame vibrante, il en résulte un mouvement vibratoire très-différent d'un mouvement pendulaire. Ce mouvement se communique aux molécules de l'air extérieur et arrive ainsi jusqu'à l'oreille. Or, ce mouvement, quelque compliqué qu'il soit, pourrait être produit par la coïncidence d'un son fondamental pendulaire, de même hauteur que le son rendu par le tuyau à anche, accompagné de certains harmoniques déterminés; dans ce dernier cas, l'oreille les percevrait séparément, surtout si elle était munie de résonnateurs; donc, comme pour elle, l'effet produit est indépendant de la cause première, elle décomposera le son entendu en sons pendulaires, et c'est la perception simultanée de ces divers sons simples qui déterminera la nature du timbre.

Dans les tuyaux à anches employés dans les orgues, on place au-dessus du tuyau lui-même des appendices nommés cornets; ce sont des tuyaux de formes très-variables qui ont pour effet de modifier le timbre du son rendu par le tuyau isolé. C'est ainsi qu'on arrive, dans les grandes orgues, à imiter les sons de la plupart des instruments et même la voix humaine. L'usage de ces cornets est très-ancien; mais leur effet n'a pu être bien expliqué que par la théorie de M. Helmholtz sur le timbre. En effet, les sons rendus par un tuyau à anche, sons non pendulaires, comme nous l'avons vu, sont décomposables, non pas seulement au point de vue théorique, mais encore physiquement par l'audition et par toutes les expériences que l'on peut faire sur eux, en une somme de sons pendulaires, qui ont entre eux les relations du son fondamental d'une corde et de ses harmoniques; les cornets jouent ici le rôle de résonnateurs et renforcent, suivant leur forme et leurs dimensions, certains harmoniques du son complexe rendu par le tuyau; de là ces changements de timbre que produit l'adjonction au même tube de cornets différents. On produit ici le même effet que quand on ébranle une corde de différentes manières; le timbre du son rendu par la corde dépend des harmoniques qui se superposent au son fondamental et qui varient suivant le mode d'attaque; le timbre du son d'un tuyau à anche variera suivant que le cornet ajouté fera dominer avec le son fondamental tels ou tels harmoniques contenus implicitement dans le son rendu par le tuyau. Cette expérience si simple peut être considérée comme une de meilleures justifications de la théorie de M. Helmholtz.

Les tuyaux à anche ont un timbre particulier, nasillard et perçant. Cela tient surtout à la prédominance des harmoniques supérieurs; tel est le timbre du haut-bois, de la clarinette et des instruments de cuivre. Il est un instrument à anche dont l'étude nous intéresse particulièrement, c'est l'organe producteur de la voix. Il est formé par une boîte cartilagineuse nommée larynx, placée au sommet de la trachée-artère qui amène l'air dans les poumons; à l'intérieur sont deux petits replis membraneux nommés à tort les cordes vocales, laissant entre eux une espèce de fente par laquelle sort habituellement l'air pendant la respiration, sans produire aucun son. Quand on parle ou quand on chante, les cordes vocales se tendent, se rapprochent, entrent en vibration, et ferment périodiquement l'espace qui les sépare; elles agissent en un mot comme des anches membraneuses. Il en résulte que la voix humaine est extraordinairement riche en harmoniques. Déjà Rameau avait entendu nettement le troisième harmonique dans une voix de basse très-puissante et très-claire. La cavité buccale fait l'office d'un résonnateur de forme variable et renforce certains harmoniques du son fondamental. Ainsi, d'après M. Helmholtz, chaque voyelle est caractérisée par la présence d'un certain son fixe qui accompagne le son fondamental; la bouche en effet, pour prononcer une voyelle déterminée, conserve la même forme, quelle que soit la note sur laquelle la voyelle est prononcée; elle renforce donc pour une même voyelle l'harmonique le plus voisin du son qui la caractérise; aussi le timbre d'une même voyelle n'est-il pas absolument fixe dans toutes les parties de l'échelle musicale. M. Helmholtz a déterminé le son fixe caractéristique de chaque voyelle en employant des résonnateurs ou bien en plaçant devant la bouche divers diapasons, et cherchant celui qui est renforcé pour la forme déterminée de la cavité buccale, et l'écartement des lèvres qui correspondent à la prononciation de chaque voyelle. Les consonnes au contraire, au lieu d'être formées par les vibrations des cordes vocales et du larynx, ne sont que de petits bruits de courte durée, produits par le passage de l'air à travers la cavité buccale et les lèvres; elles sont analogues au petit sifflement qui accompagne quelquefois le jeu de la flûte; ces petits bruits précèdent ou suivent l'émission des voyelles.

Vous voyez donc, messieurs, qu'il faudrait complétement modifier les premières notions par lesquelles commencent toutes les grammaires. Il y est écrit en effet, à la première page, que les voyelles sont des sons simples, et que les consonnes n'ont pas de son par elles-mêmes; d'abord les voyelles sont des sons composés, ensuite, si les consonnes n'étaient pas des sons, on ne les entendrait pas.

Je ne puis jamais parler de cette partie de l'acoustique sans songer à la leçon du professeur de philosophie, dans le *Bourgeois gentilhomme*. « Que faites-vous en disant U ?..... » Aujourd'hui, le professeur de philosophie dirait qu'en avançant la bouche comme pour faire la moue, vous renforcez certains harmoniques du son produit par votre larynx, de telle sorte que le son que vous prononcez est accompagné d'un fa_2 et d'un sol_3; ce serait plus scientifique assurément, mais moins comique.

Je puis répéter sous vos yeux trois expériences qui vous démontreront que les diverses voyelles sont composées de sons pendulaires différents. Voici d'abord un tuyau à anche rendant le son ut_3 et muni en guise de cornet d'un résonnateur sphérique renforçant sa double octave qui est son quatrième harmonique quand il est complétement ouvert; le tuyau rend dans cette circonstance un son approchant de la voyelle A; si je ferme en partie le résonnateur avec la main, je diminue d'une octave la hauteur du son renforcé par le résonnateur et le son se change en un O; enfin, si je le ferme complétement, je baisse encore d'une octave la hauteur du son renforcé par le résonnateur, qui alors est à l'unisson du son émis par le tuyau, et nous obtenons le son OU. Le changement de timbre est surtout saisissable quand on entend les trois sons successivement. C'est par des mécanismes analogues que l'on fait japper les petits chiens, bêler les moutons, dont s'amusent les enfants, et, ce qui est le suprême degré de l'industrie humaine, qu'on fait dire papa et maman à des poupées.

Avec un autre appareil non moins ingénieux, imaginé par M. Kœnig, on montre également que la voix humaine produit des sons complexes, et que les harmoniques varient avec la hauteur du son émis et la voyelle prononcée. Il se compose d'une sorte de cornet ou pavillon dans lequel on parle, et qui se continue par un tuyau de caoutchouc; à ce tube est ajusté

ièce de bois portant une petite membrane mise en ement par le son produit. De l'autre côté de la mem- se trouve une petite capsule dans laquelle arrive un ombustible, du gaz d'éclairage par exemple, que l'on e à un petit bec très-fin (1).

rière ou à côté du bec est placé un miroir tournant autour axe vertical. Si l'on tourne le miroir sans faire vibrer la ne, on aperçoit une ligne brillante continue. Mais si l'on ou l'on chante dans le pavillon, on voit la flamme se r, former des espèces de langues isolées de toutes les s imaginables, suivant la voyelle prononcée et la hau- du son émis (2).

us avons jusqu'à présent procédé par analyse. Mais de que dans l'étude de la dispersion de la lumière qui nte avec le sujet que je traite en ce moment de nom- points de contact, on étudie d'abord la décomposition, a recomposition de la lumière, de même ne pouvons- pas aussi obtenir des sons composés en associant des pendulaires convenablement choisis? M. Helmholtz a réussi à reproduire diverses voyelles en faisant vibrer ême temps divers diapasons donnant un son fondamen- ses divers harmoniques; toutefois, l'appareil outre son et sa complication, ne donne pas des effets parfaitement Mais, comme l'indique également M. Helmholtz, on peut r au même but plus facilement, avec un instrument de ue fort répandu, et qui est à la disposition de tout le e. Si devant un piano, dont on a soulevé les étouffoirs de de la pédale, on produit un son simple, d'une ma- un peu soutenue, on ne fait vibrer par résonnance e seule corde, celle qui est à l'unisson du son émis, ou u plus quelques-unes de celles qui comptent ce même rmi leurs harmoniques. Si au contraire on produit un mplexe, il mettra en mouvement la corde correspon- u son fondamental, et en outre celles qui sont à l'unis- s harmoniques qui l'accompagnent et en constituent bre. Ces cordes à leur tour reproduiront par leurs vi- ns un son dont le timbre sera identique ou du moins nalogue à celui du son primitif; ici, comme chaque ne rend qu'un son, il n'y a pas de lieu de douter que reproduit avec son timbre, comme par un écho loin- ne soit formé par la coexistence de divers sons pendu- . Car, si au lieu de soulever avec la pédale tous les oirs, on ne lève que celui de la corde à l'unisson n émis en mettant le doigt sur la touche correspon- , le son reproduit par le piano a un timbre uniforme endant de celui du son primitif. On peut ainsi faire e à un piano le son d'une flûte, d'une clarinette, d'une ette, et enfin lui faire répéter très-distinctement les es voyelles; il suffit pour cela de soutenir quelque la voix, de préférence sur une des notes du piano, dans dium; un bon piano droit à cordes obliques est suffi- our faire l'expérience dans un grand amphithéâtre.

résumé, les sons se divisent en deux classes: les sons simples ou pendulaires et les sons complexes, formés d'un son fondamental accompagné de divers harmoniques.

Le timbre de tous les sons pendulaires est le même; celui des sons complexes dépend du rang et de l'intensité des harmoniques qui accompagnent le son fondamental; les harmoniques inférieurs sont nécessaires pour obtenir un son musical de bonne qualité; les harmoniques supérieurs, au delà du sixième ajoutés aux autres donnent un timbre strident comme est celui des instruments de cuivre, et un timbre creux et nasillard comme celui du hautbois s'ils dominent ou même l'emportent sur le son fondamental.

L'oreille perçoit ces divers harmoniques séparément; mais les sensations se réunissent ensuite pour donner l'impression d'un son unique dont le timbre dépend de la coexistence des harmoniques. M. Helmholtz a de plus constaté que le timbre est indépendant des différences de phases des harmoniques, c'est-à-dire des instants où commencent et finissent ces divers sons, et ne dépend absolument que de leur coexistenceet de leur intensité.

Dans cette trop longue conférence, où j'ai peut-être abusé de votre bienveillante attention, je n'ai pu que vous exposer sommairement quelques-uns des travaux de M. Helmholtz sur l'acoustique. Tout un cours suffirait à peine à les développer, surtout si l'on y ajoutait ses recherches sur l'*Optique physiologique*, sur la vitesse de propagation de l'excitation produite par la volonté dans les nerfs... Aussi, je ne crois pas que je puisse être taxé d'exagération, en mettant sur la même ligne les travaux de M. Helmholtz sur l'acoustique et ceux qu'a faits sur l'optique l'immortel auteur des *Principes de la philosophie naturelle*.

A. TERQUEM,
Professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg.

On peut brûler du bicarbure d'hydrogène et rendre la flamme lairante encore en l'entourant d'un courant d'oxygène; mais ce plus dense que le gaz d'éclairage et n'a pas la même délicatesse éceler de faibles différences de vibrations, bien qu'il soit préfé- l'expérience doit être faite devant un nombreux auditoire.

Voyez dans notre tome IV, page 200, 23 février 1867, une con- de M. J. Tyndall sur les *Flammes sonores et sensibles*.

FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN

CHIMIE AGRICOLE

COURS DE M. ISIDORE PIERRE (1)
Correspondant de l'Institut

Fragments d'études sur les époques d'assimilation des principaux éléments dont les plantes se composent

Au nombre des questions dont la solution importe le plus à l'agriculteur et à l'horticulteur, il convient de citer en première ligne la détermination sinon rigoureusement précise, du moins assez approchée, de l'époque à laquelle chaque plante absorbe, pour sa nourriture, les divers éléments qui la constituent.

Cette détermination permettrait, en effet, de fournir à la plante, en temps opportun, les aliments qui lui sont nécessaires, ou du moins ceux dont la disposition nous est permise, de même que nous distribuons à nos animaux de basse-cour ou que nous nous donnons à nous-mêmes la nourriture dont le besoin se fait sentir.

De la solution complète de cette question fondamentale dé-

(1) Voyez d'autres leçons de M. Isidore Pierre dans notre tome V, page 217, 7 mars 1868 (*l'Agriculture et la Chimie*), et dans le présent volume, page 476, 26 juin 1869 (*la Verse des céréales*).

entraîneraient de nombreuses et importantes conséquences pratiques, parmi lesquelles nous nous bornerons à citer les suivantes :

1° Jusqu'à quelle époque de la vie d'une plante les engrais agissent-ils habituellement avec efficacité, en fournissant à la plante une partie de leur substance, et à partir de quelle phase de la végétation leur action directe devient-elle à peu près nulle, ou, en d'autres termes, jusqu'à quelle époque la terre peut-elle rationnellement recevoir et utiliser fructueusement, au profit d'une récolte, les matières fertilisantes incorporées dans le sol ?

2° A partir de quelle phase de sa végétation la plante paraît-elle cesser d'emprunter au sol soit la totalité, soit une partie des éléments qui doivent entrer dans sa composition ; en d'autres termes, jusqu'à quelle époque la plante est-elle épuisante pour le sol et à quel moment cet épuisement paraît-il atteindre son maximum d'activité ?

Circonscrivons d'abord le sujet d'études en le restreignant à une seule plante, le blé ; nous verrons ensuite s'il est permis d'étendre à d'autres plantes les conclusions auxquelles ce premier sujet d'étude nous aura conduits.

Le moyen qui s'offre à nous tout d'abord comme le plus propre à éclairer la question consiste à suivre pas à pas les variations que subit la plante dans son poids total et dans sa composition chimique, pendant la marche de son développement, pour y constater les accroissements successifs de la matière organique et de chacun des éléments minéraux ; pour découvrir à quel moment cet accroissement s'opère avec le plus de rapidité, à partir de quel moment il paraît se ralentir et à quelle époque il paraît cesser tout à fait.

Comme les analyses de cette nature sont longues et difficiles, j'ai dû en limiter le nombre et faire un choix convenable d'époques d'observations.

Celles de la première série ont été faites en 1862 :

Le 19 avril, lorsque les tiges commençaient à s'allonger ;

Le 16 mai, lorsqu'en déroulant avec précaution les dernières feuilles supérieures, on avait encore peine à trouver et à séparer l'épi ;

Le 13 juin, lorsque les épis commençaient à se montrer ;

Le 29 juin, lorsque le blé était entièrement défleuri ;

Le 13 juillet, quand la plupart des épis commencent à jaunir ;

Enfin le 30 juillet, au moment de la moisson.

Les observations de la seconde série ont été faites en 1864 :

Le 11 mai, avant l'épiage, le blé étant un peu plus avancé que dans l'observation du 16 mai 1862 ;

Le 3 juin, au moment de l'épiage, le blé étant un peu plus avancé qu'à l'époque d'observation du 13 juin 1862 ;

Le 22 juin, à la fin de la floraison, le blé étant à peu près au même état que celui du 29 juin 1862, un peu moins avancé peut-être ;

Le 6 juillet, le grain étant encore facile à pétrir entre les doigts ;

Enfin le 25 juillet, au moment de la moisson ;

Les plantes ne contiennent pas toujours la même proportion d'eau.

Cette circonstance rendrait des comparaisons de poids difficiles et ne permettrait guère d'en tirer d'utiles conséquences. Pour éviter cette source d'embarras et de difficultés, j'ai ramené tous les échantillons d'essai à l'état de complète dessiccation.

La récolte de 1862, rapportée à un hectare, et consi telle qu'on la coupe dans la pratique usuelle, a fourni l sultats suivants :

	19 avr.	16 mai.	13 juin.	29 juin.	13 juill.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Matières organiques, déduction faite de l'azote et des cendres.....	888,0	2141,1	4962,5	6083,0	6520,9
Azote.......... ...	35,8	57,8	72,6	73,2	68,7
Silice..............	25,2	67,2	153,7	192,0	203,8
Oxyde de fer.........	1,3	9,3	14,2	20,5	14,8
Acide phosphorique...	7,2	13,5	16,7	18,3	17,4
Chaux...............	14 8	26,1	37,6	28,0	40,3
Magnésie............	2,7	6,3	7,4	8,0	7,0
Potasse,............	16,3	22,6	37,2	42,7	33,2
Soude..............	3,9	4,2	8,2	9,7	9,5
Total.....	995,2	2348,1	5310,1	6485,4	6915,6

La récolte de 1864, considérée dans des conditions a gues, mais fournie par un champ différent, a donné le sultats qui vont suivre :

	11 mai.	3 juin.	22 juin.	6 juill.	25 j
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Matières organiques, déduction faite de l'azote et des cendres...............	1239,3	2787,8	5309,1	5743,3	573
Azote..................	50,9	52,1	89,9	84,6	7
Silice..................	35,3	67,3	127,8	104,0	10
Oxyde de fer.......	5,6	5,2	6,9	6,9	
Acide phosphorique.......	9,8	11,9	18,7	17,7	1
Chaux.	17,5	21,7	31,3	28,6	2
Magnésie.	3,5	3,7	7,5	6,7	
Potasse.................	22,0	23,4	27,0	27,9	2
Soude................ .	13,8	21,0	24,5	20,6	1
Total......	1397,7	2094,1	5642,7	6040,3	601

Les deux tableaux qui précèdent montrent qu'à la fin floraison la plante a déjà presque complétement acqui son poids ; mais elle a, surtout, complétement acquis les stances minérales qu'elle doit contenir plus tard, à l'é de sa maturité.

Cette espèce de saturation ne porte pas seulement sur *semble* des substances minérales ; il porte également sur cune d'elles considérées séparément : azote, acide pho rique, potasse, etc.

Si, au moyen des données fournies par les deux tabl nous calculons, pour chaque intervalle qui sépare de servations, l'accroissement moyen du poids pour chaque nous trouvons encore que c'est un peu avant cette mêm que, vers la fin de la floraison, que l'accroissement quo est le plus rapide ou le plus considérable, non-seul quand on considère la plante dans son entier, mais lors examine séparément chacune des parties constituti plus importantes, azote, acide phosphorique, potasse gnésie, chaux.

Alors de deux choses l'une :

Ou bien la plante, par suite d'un échange continuel les matériaux absorbés et les matériaux expulsés, rest

(1) La dernière fumure du champ qui avait porté la premi deux récoltes était une espèce de terreau ; celle du second cham consisté en fumier de rues, beaucoup plus riche en sel ; cette stance permettait sans doute d'expliquer la grande différence qui dans les proportions relatives de soude, dont j'ai toujours cons présence dans la paille de nos terres légèrement salées des envir Caen.

cette espèce d'équilibre mobile qu'on appelle *état d'entretien* chez les animaux ;

Ou bien elle cesse d'emprunter à la terre et d'absorber de nouveaux aliments, et fait subir à ceux qui lui ont déjà été fournis une sorte de digestion lente au moyen de laquelle elle leur fait prendre la forme qui convient à leur nature spéciale et à leur destination, et distribue ensuite, dans chacun des organes principaux, les matériaux qui doivent concourir à leur développement et à leurs fonctions.

Si, comme tout nous porte à le croire, la seconde hypothèse est la moins éloignée de la vérité, l'intervention active des engrais, l'intervention des éléments que le sol peut fournir, doit, à partir de cette époque, se réduire à bien peu de chose, si même elle n'est complétement nulle.

Toute addition nouvelle d'engrais doit donc, à partir de ce moment, avoir peu d'efficacité sur la récolte ; en d'autres termes, à partir de la fin de la floraison, à partir du moment où le grain est déjà formé, toute addition d'engrais doit donc être intempestive si elle n'est nuisible. L'expérience avait, en effet, appris depuis longues années au cultivateur que ce n'est pas le moment de fumer les terres, ni même de leur donner une dose complémentaire d'engrais, en vue d'améliorer la récolte pendante (1).

L'observation faite sur le blé est-elle applicable à d'autres plantes ?

Nous possédons encore peu de données sur la composition des plantes prises à divers âges de leur vie, à divers états de développement. J'emprunterai encore un nouvel exemple dans mes *Études agronomiques*, en examinant ce qui se passe pendant le développement du colza, en précisant d'abord les conditions dans lesquelles ont été faites les observations.

La première fut faite le 22 mars, alors que la plante, parvenue à 50 centimètres de hauteur, était bientôt sur le point de fleurir ;

La seconde fut faite le 2 avril ; la plante, parvenue à une hauteur moyenne de 95 centimètres, entrait en fleurs ;

La troisième fut faite le 6 mai ; la plante, parvenue à une hauteur moyenne d'environ $1^m,22$, était complétement défleurie ;

Au moment de la quatrième, la plante avait atteint la hauteur d'environ $1^m,36$, et la graine était déjà très-avancée ;

Enfin la cinquième eut lieu le 20 juin, au moment de la récolte générale du champ ; toutes les feuilles étaient tombées, et les siliques commençaient à jaunir.

J'ai trouvé ainsi, pour la composition du colza, à diverses époques successives de son développement (racines non comprises), en rapportant tous les résultats à 1 hectare, la matière étant d'ailleurs entièrement privée d'humidité :

	22 mars.	2 avr.	6 mai.	6 juin.	20 juin.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Récolte entière, tout compris..	2896	3393	7172	8045	8005
Matières minérales (cendres)..	338,7	393,3	853,9	806,9	578,1
Azote....................	77,6	82,4	121,7	116,7	111,1
Acide phosphorique..........	30,8	37,0	73,0	73,6	78,1
Chaux.....................	95,6	112,2	259,9	255,0	175,9
Magnésie et sels alcalins.......	139,3	152,3	259,9	213,3	209,6

(1) J'ai vainement cherché à découvrir, dans la plante considérée dans son entier, si les divers éléments minéraux qui entrent dans la composition de la plante s'y accumulent avec des vitesses différentes, aux diverses époques d'observation. Je me suis trouvé en présence d'inégalités dépendant sans doute de trop de circonstances pour qu'il fût possible d'en tenir exactement compte.

Comme pour le blé, nous trouvons, *dans la plante complétement défleurie, la presque totalité de la matière organique, et la totalité de l'azote et des substances minérales.*

Si nous considérons que ces deux plantes appartiennent, non-seulement à des espèces très-différentes, mais encore à des familles botaniques très-éloignées (Graminées, Crucifères), il est permis d'admettre que le fait signalé plus haut doit avoir une certaine généralité. Il nous semble donc permis de formuler ainsi les conclusions qui découlent des faits précédemment établis :

Jusqu'au moment de l'épiage, et même jusqu'au moment de la floraison, l'influence des engrais peut encore se faire sentir d'une manière énergique ;

A la fin de la floraison, lorsque la graine est formée, l'influence des engrais anciens ou récents doit être nulle ou peu sensible sur la récolte.

Telles sont, du moins, les conséquences des faits observés dans les conditions de la grande culture. En serait-il encore de même dans des conditions particulières anormales de culture en serre ou en pot ? Je l'ignore ; l'expérience seule pourrait en décider.

Parmi les conséquences pratiques qui semblent encore découler tout naturellement des résultats précédents, l'une des plus importantes peut se formuler ainsi : *Il n'est pas nécessaire qu'une récolte soit parvenue à maturité pour qu'elle ait produit sur le sol son effet épuisant ; cet épuisement est déjà parvenu presque à son maximum à la fin de la floraison.*

Il ressort cependant encore des données numériques précédentes, que la matière organique proprement dite, la matière carbonée, n'a pas encore atteint sa limite d'accroissement quand la provision de matières minérales semble déjà complète.

En ce qui concerne l'accumulation ultérieure du carbone, deux sources distinctes pourraient y subvenir :

1° Le sol, en fournissant de l'acide carbonique libre en dissolution dans la séve, ou des matières humiques solubles dans cette même séve ;

2° L'atmosphère, en mettant à la portée des feuilles de l'acide carbonique que les feuilles ont la propriété de décomposer.

L'assimilation du carbone par les racines, pendant cette dernière période de la vie des récoltes, nous paraît peu probable à un état quelconque de dissolution :

A l'état d'acide carbonique en dissolution aqueuse, il entraînerait avec lui une certaine quantité de substances minérales en dissolution et le poids de ces dernières devrait augmenter dans les récoltes, tandis qu'au contraire il y a tendance à la diminution.

Même observation à l'égard de l'absorption de matières humiques à un état quelconque de dissolution, parce qu'elles contiennent toujours une proportion notable de substances minérales.

Reste l'acide carbonique atmosphérique, dont une partie peut, d'ailleurs, être exhalée par le sol sur lequel végètent les récoltes qui en profitent. Admettons que la partie active de la récolte représente, à cette époque, une hauteur de 50 centimètres, correspondant, pour un hectare, à une couche d'air de 5000 mètres cubes. Admettons, en outre, que l'air ne contienne que la proportion moyenne de 5 dix-millièmes de son volume d'acide carbonique, et que la moitié seulement de ce gaz soit décomposée au profit de la récolte.

L'acide carbonique décomposé représenterait donc, en volume, $5000 \times 0,00025 = 1^{mc},25$, ou, en poids, $1,25 \times 1,52 \times 1^k,3 = 2^k,45$. Si l'air était renouvelé seulement 20 fois par jour, on aurait ainsi une fixation du carbone d'environ 50 kilogrammes d'acide carbonique, ou $0,2727 \times 50 = 13^k,63$ de carbone, puisque 100 kilogrammes d'acide carbonique en contiennent 27,27 de carbone.

Si l'on se rappelle, en outre, que le carbone ne représente pas la moitié du poids de la matière organique, il pourrait donc y avoir, dans cette hypothèse, production quotidienne d'au moins 27 kilogrammes de matières organiques, soit, pour la quinzaine qui suit la défloresecence du blé, environ 400 kilogrammes par hectare, c'est-à-dire l'accroissement réel, et pour le colza, cette production de matière organique pendant le mois qui suit l'époque de la défloresecence pourrait s'élever à 800 kilogrammes environ, chiffre auquel s'élève à peine l'accroissement réel du poids de la récolte.

Une seconde question qui se rattache d'une manière intime à celle que nous venons d'ébaucher, et dont l'importance ne serait pas moins considérable, serait la suivante : sous quelle forme, à quel état de combinaison les divers éléments nécessaires au développement de la plante sont-ils plus facilement et plus avantageusement assimilables ?

Une réponse complète à cette question exigerait une foule de données préalables que la science ne possède pas encore. Je vais essayer, cependant, d'étudier quelques-uns des éléments de la réponse pour ce qui concerne la silice.

Il résulte de mes recherches qu'au moment où la végétation est le plus active, les *nœuds* sont très-riches en potasse (1) ; c'est aussi le moment de leur plus grande richesse en silice (2). Enfin la potasse et la silice, qu'on trouvera plus tard en abondance dans l'épi et dans la partie supérieure de la tige, doivent nécessairement passer par ces *relais* naturels de la plante, les nœuds. N'est-on pas fondé alors, dans une certaine mesure, à admettre que c'est à l'état de silicate que la silice a dû traverser les nœuds, et principalement à l'état de silicate de potasse ? Dans quelles parties de la plante la silice vient-elle ensuite s'accumuler de préférence ? Dans les feuilles, dans les enveloppes du grain et dans la partie supérieure de la tige, c'est-à-dire dans les parties qui sont le plus directement exposées aux influences atmosphériques. Or, on sait que les silicates solubles, exposés à l'air, en absorbent peu à peu l'acide carbonique ; leurs bases se transforment en carbonates, et la silice se sépare à l'état gélatineux d'abord, puis elle se dessèche ensuite. C'est précisément ce qui doit arriver dans les feuilles et dans les autres parties de la plante exposées à l'air, comme les enveloppes du grain et la partie supérieure des tiges.

Si cette accumulation devient plus considérable dans les parties *découvertes* que dans les autres, c'est qu'une transpiration plus abondante y fait un appel plus énergique de principes solubles et en particulier de substances minérales, et que cet appel, dans certaines parties plus anciennement développées, dans les feuilles basses, par exemple, est moins contre-balancé par la force vitale qui va bientôt s'y éteindre.

Ce qui semble venir à l'appui de cette explication, c'est que les parties les plus siliceuses de la plante sont précisément celles qui, comme les feuilles et les balles, présentent le plus de prise à l'action de l'air, à raison de leur faible épaisseur, ou qui, comme la partie supérieure de la tige, sont plus à découvert et plus aérées. Quand ces mêmes parties sont encore enveloppées dans les feuilles et protégées contre cette action directe de l'air, elles sont beaucoup moins siliceuses (observ. du 3 juin) ; nous voyons le même fait se reproduire le 11 mai sur les feuilles internes non encore déroulées (3es feuilles).

L'épiderme, surtout dans les parties qui sont directement en contact avec l'air, est toujours très-riche en silice.

Cette fixation extérieure de la silice par décomposition aurait encore pour effet, en rendant libre la potasse, de permettre à celle-ci de contracter de nouvelles combinaisons solubles, et par conséquent facilement transportables où le besoin organique s'en fait sentir.

Isidore Pierre.

(1) Voyez mes *Études agronomiques*, t. III, p. 219.
(2) *Ibid.*, p. 232.

BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

Flora croatica, auctoribus J. Calasantio Schlosser et L. Nob. de Farkas-Vukotinovic.

On sait que les races slaves essaient de reconquérir partout une existence distincte et veulent développer dans tous les sens leur civilisation propre et leurs idées particulières. Ce mouvement, qui s'étend de plus en plus, ne se traduit pas seulement dans l'ordre politique ou social, il s'étend jusqu'à l'ordre scientifique, dans les limites où une question de nationalité peut intervenir en pareille matière. C'est ainsi qu'il y a quelque temps, les Tchèques de Prague voyaient l'occasion d'une manifestation nationale dans la mort de leur célèbre compatriote, le physiologiste Purkinje. (Voyez notre dernier numéro, page 720).

En Croatie, la science slave tient également à s'affirmer. L'Académie d'Agram, l'*Académie des sciences et arts des Slaves méridionaux*, vient de publier une *Flora croatica*, due à deux de ses membres, MM. Cal. Schlosser et de Farkas-Vukotinovic, des Slaves de vraie race comme on voit. Cependant ils n'ont pas poussé l'amour de la patrie slave jusqu'à écrire dans leur langue nationale, et cela est fort heureux, car la plupart des savants européens auraient été fort empêchés de les lire. Ils ont préféré avec raison le latin, qui, abandonné aujourd'hui dans presque toutes les autres sciences, est resté un idiome usuel pour les botanistes descriptifs de tous les pays, et qui, d'ailleurs, possède encore une partie des priviléges d'une langue vivante dans les royaumes de la couronne de Saint-Étienne.

La *Flora croatica* forme un gros volume de plus de 1500 pages grand in-8°, auquel les auteurs travaillent depuis 1836. On y trouve une liste de tous les végétaux croissant spontanément dans la Croatie, l'Esclavonie, la Dalmatie et de ceux que la culture de l'homme y a introduits. Chaque espèce est soigneusement décrite avec tous ses caractères botaniques, l'indication précise de son habitat et les circonstances intéressantes qu'elle peut présenter. Les espèces sont rangées dans l'ordre de la classification naturelle. Deux tableaux contenant, l'un la répartition en classes, ordres et familles ; l'autre, la détermination des genres, toujours dans l'ordre de la classification naturelle, permettent de mieux juger l'ensemble de la flore croate. Enfin, l'ouvrage se termine par une table alphabétique des noms de familles et de genres qui permet de trouver immédiatement les végétaux qu'on veut étudier.

La *Flora croatica* contient un grand nombre de renseignements nouveaux, et elle est appelée à rendre de grands services aux botanistes, surtout au point de vue de la géographie botanique. Il est seulement regrettable de ne pas y trouver de figures représentant les types les plus intéressants de la flore croate.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

IÈME ANNÉE NUMÉRO 47 23 OCTOBRE 1869

Paris, 22 octobre 1869.

idémie qui sévit avec tant de rigueur sur les vers à soie une dizaine d'années aurait ruiné la sériciculture fran- ans le secours que lui a fourni l'introduction des grai- Japon soustraites dans une certaine mesure à l'action pébrine. On sait que M. Pasteur étudie les causes de aladie et les moyens de l'arrêter. Il a indiqué comme caractéristique du mal la présence chez les vers à soie rpuscules vibrants de Cornalia, et comme remède un é de sélection, fondé sur l'examen microscopique, et ant à écarter radicalement les insectes corpusculeux. trois ans déjà que M. Pasteur expérimente ce procédé, urni d'excellents résultats. Il va sans dire que M. Pas- nsiste en outre tout particulièrement, surtout pour la flacherie qui peut devenir aussi terrible que la pé- sur les conditions hygiéniques qu'exigent les vers à soie ils sont loin de rencontrer toujours dans les magna- . Mais il ne croit pas possibles les éducations en plein à fenêtres ouvertes sans feu, et à plus forte raison ne pas y voir un moyen de combattre efficacement les ma- régnantes.

endant, il paraîtrait que c'est surtout l'éducation contre des magnaneries qui aurait dégradé nos vers à soie. st l'avis qu'ont plus ou moins nettement exprimé . de Quatrefages, E. Blanchard, Joigneaux, Valserres, et, de Lavalette, etc. Partant de ce point de vue, Gintrac, le directeur de l'École de médecine de Bor- , s'est demandé pourquoi on n'élèverait pas les vers à plein air. Il a commencé ses expériences à son domaine c, en 1866, dans les conditions suivantes.

nagnanerie en plein air est établie sur un emplacement par deux haies de mûriers parallèles. L'espace qui ces deux haies est assez large pour qu'on puisse établir lieu une charpente constituant le faîte de la construc- hampêtre, et portant à diverses hauteurs des étagères t à recevoir les vers qu'on ne saurait loger sur ces sans produire encombrement. Une toile périphérique abrite du soleil, mais laisse passer l'air en arrêtant le ement, si ce mouvement est exagéré; une toile supé- forte abrite de la pluie et aussi du soleil; des filets réu- t ces deux toiles, et leurs mailles sont assez serrées pour empêchent l'introduction non-seulement des oiseaux, aussi des guêpes et des ichneumons. Ces filets laissent irculation libre à l'air : de là l'absence complète d'odeur. opérant dans ces conditions, M. Gintrac a constaté que les vers à soie supportent sans paraître en souffrir un abaissement de la température atmosphérique jusqu'à 9 degrés et une élévation de plus de 30 degrés. L'action directe des rayons solaires, à laquelle ils peuvent du reste presque toujours échapper en se cachant sous les feuilles, les brusques alternatives de chaleur et de froid, les pluies quelquefois fort prolongées qu'ils ont dû subir ne semblent pas leur être nuisibles. En 1867, une véritable tempête suivie de plusieurs jours de pluies continues, avait bouleversé la magnanerie et fait disparaître tous les vers en élevage. On croyait la récolte perdue ; mais les vers étaient simplement cachés dans les fourrés les plus épais de la haie. C'est là un fait bien significatif, quand on songe à l'influence désastreuse qu'exerce si souvent l'orage sur les chambrées ordinaires. Les éducations de M. Gintrac, faites avec de la graine du pays, ont toujours échappé à la pébrine et à la flacherie.

Il résulte donc des expériences poursuivies en grand depuis quatre années au domaine d'Arlac que les vers à soie sont parfaitement aptes à la vie rustique, en France comme dans leur pays d'origine, qu'ils résistent aux accidents atmosphériques auxquels cette vie les expose, et que, grâce à ces conditions plus normales d'existence, ils échappent aux maladies épidémiques qui ravagent les magnaneries françaises. Cette année avec 150 grammes de graine, M. E. Gintrac a obtenu 186 kilogrammes de cocons qui ont été vendus au cours des premières qualités, et il lui est resté en outre une large réserve de cocons pour la reproduction.

L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR EN RUSSIE

A M. EM. ALGLAVE, DIRECTEUR DE LA REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES

Monsieur le directeur,

Vous avez publié dans votre excellente *Revue* des documents sur l'organisation de l'instruction supérieure dans divers États de l'Europe. Permettez-moi de compléter la liste de ces renseignements ; c'est de l'organisation de l'enseignement supérieur en Russie que je voudrais entretenir vos lecteurs.

La fondation de la première université russe date à peine de cent ans; mais la Russie, dernière venue dans la civilisation européenne, a l'avantage de pouvoir profiter de l'expérience des autres nations. Tout le monde connaît la transformation continuelle qui, sous l'influence d'une haute initiative, s'opère dans toutes les parties de l'administration et placera certainement la Russie au niveau des contrées les plus éclairées de l'Europe. L'émancipation des paysans russes devait avoir pour

conséquence naturelle une extension considérable de l'instruction. Aussi, deux ans à peine s'étaient écoulés depuis le mémorable manifeste de l'empereur Alexandre II, lorsque furent promulgués les statuts et règlements destinés à placer les universités russes dans les conditions les plus favorables au rapide développement des études supérieures en Russie. Les professeurs les plus distingués de l'Europe avaient été invités à donner leur opinion ; les savants allemands, anglais, suisses, français et belges ont répondu à cet appel, et le comité russe chargé de la réforme universitaire a pu procéder à cette importante mesure avec la certitude de se tenir au niveau des besoins de la civilisation de notre époque.

Le ministère de l'instruction publique de Russie a publié les nouveaux statuts, ainsi qu'un aperçu historique des diverses réformes subies antérieurement par les universités russes et un examen critique des améliorations introduites par les statuts de 1863. C'est la traduction presque littérale d'une partie de ce travail (*Nuniversitétskii oustav*, 1863, Goda) et l'analyse des parties moins curieuses que je me propose de donner ici.

Quoique d'une origine encore toute récente comparativement à celles des institutions du même genre de l'Europe occidentale, les universités russes existent cependant depuis plus de cent ans. Depuis leur fondation elles ont été l'objet de plusieurs transformations radicales, et ont continuellement subi l'influence du milieu dans lequel elles se sont développées ; en un mot, elles ont leur histoire propre, qui seule peut rendre compte de l'état sous lequel elles sont parvenues jusqu'à notre époque.

Dans la vie des universités russes on remarque trois moments principaux qu'on peut considérer comme divisant leur histoire en autant d'époques : 1° la fondation de la première université russe, celle de Moscou, en 1755 ; 2° la promulgation de nouveaux statuts, en 1804, pour l'université de Moscou, et pour les deux nouvelles universités de Kharkoff et de Kazan; enfin 3° la réforme générale des universités en 1835. Chacune de ces époques est caractérisée par le but que le législateur se proposait d'atteindre et par les principes qui servaient de base à l'organisation des universités.

I. — La première université russe, celle de Moscou, fut fondée le $\frac{12}{24}$ janvier 1755. Ses statuts furent composés par Schouvakoff, à une époque où la Russie ne possédait encore aucun système d'établissements d'instruction primaire et secondaire. La nouvelle université était donc menacée dès sa naissance de rester déserte, par suite de l'absence totale de jeunes gens préparés à suivre ses cours. Pour rendre viable la nouvelle institution, on fut obligé de fonder en même temps deux gymnases indissolublement liés à l'université et soumis à sa juridiction, comme de véritables pépinières d'étudiants.

Les circonstances mêmes dans lesquelles elle fut fondée montrent que l'université de Moscou n'était pas la réalisation d'un de ces besoins irrésistibles qui poussent les sociétés vers une éducation supérieure. Elle avait pour but principal de former des hommes capables de bien remplir les fonctions publiques; le gouvernement était guidé par la pensée que « la science élève les gens instruits au-dessus de ceux qui vivent dans les ténèbres de l'ignorance ». Pour faire prospérer la jeune université, véritable plante exotique transplantée en Russie, il fallut la placer dans d'excellentes conditions, l'entourer de soins particuliers, et la doter de faveurs et de droits capables d'attirer auprès d'elle professeurs et élèves. L'université ne dépendait pas des tribunaux ordinaires et ne reconnaissait d'autre autorité que celle du sénat, dont elle relevait directement. Elle avait ses tribunaux propres jugeant les professeurs et les élèves. Un curateur, choisi par l'empereur même parmi les grands seigneurs, était le protecteur naturel de l'université; il veillait sur le corps universitaire tout entier et portait jusqu'au pied du trône l'expression de ses besoins. Diverses mesures avaient spécialement pour but d'attirer les étudiants: on leur faisait cadeau d'une épée, on promettait de leur faciliter l'entrée des places à la fin de leurs études ; à leur sortie de l'université, ils avaient le rang d'officier et les années passées sur les bancs comptaient comme années de service militaire ; enfin, un certain nombre d'étudiants demeurant en ville recevaient des indemnités pécuniaires, et l'on créa des places de boursiers habitant les bâtiments mêmes de l'université.

Le corps des professeurs, pendant cette première période, renfermait les éléments les plus disparates. C'étaient pour la plupart des étrangers ignorant la langue russe. Aucun intérêt moral ne les liait à la société russe, ni même à leur propre corporation ; ils venaient professer en vertu d'un contrat, attirés simplement par les avantages matériels attachés à leurs fonctions. Naturellement on ne pouvait songer à confier à la réunion de tels professeurs l'administration de l'université. Un directeur nommé par le gouvernement fut donc placé à sa tête ; il gérait les affaires sans le concours des professeurs et veillait au bon ordre et à la discipline. Dans deux circonstances seulement, le directeur devait agir de concert avec les professeurs : pour régler les questions d'enseignement et pour juger les étudiants. Les différends qui pouvaient s'élever à cette occasion entre les professeurs et l'inspecteur étaient soumis au curateur, qui les résolvait lui-même après les avoir examinés.

Sous le rapport de l'enseignement, l'université se divisait en trois facultés : celles de philosophie, de médecine et de droit. La faculté de philosophie (*facultas artium* des autres universités) était une espèce d'école préparatoire par laquelle l'étudiant devait passer avant d'entrer à l'une des deux autres facultés. Le nombre des étudiants qui suivaient les cours était si faible, que les facultés se disputaient souvent les élèves. Quant aux matières à enseigner, les professeurs étaient soumis au contrôle sévère de l'inspecteur ; ils étaient tenus d'enseigner d'après des programmes et des auteurs qui leur étaient désignés par l'inspecteur ou par l'assemblée des professeurs. Ils devaient faire au moins deux heures de cours gratuits par jour, à l'exception du samedi ; il leur était permis de donner des leçons privées à des prix modérés. Les cours gratuits qui se faisaient dans les bâtiments mêmes de l'université, quoique désignés sous le nom de cours publics, ne l'étaient pas du tout, car Karamsine parle des cours publics ouverts en 1803 comme d'une chose tout à fait nouvelle. Il est probable que les cours publics ne purent entrer dans les habitudes du pays dès l'origine de l'université, à cause de leur forme par trop dogmatique et peut-être plus encore parce qu'ils se faisaient en latin, langue fort peu connue du public. Du reste, dès l'année 1768, il fut prescrit aux professeurs russes d'employer dans leurs leçons la langue nationale.

Le tribunal destiné à juger les étudiants était constitué par l'assemblée des professeurs ; mais souvent elle chargeait un de ses membres, de préférence un juriste, de la solution d'une affaire donnée. La prison au pain et à l'eau, l'habit de paysan, la diminution du traitement, et enfin l'exclusion de l'univer-

étaient les principales punitions infligées. Les étudiants rtaient pas d'uniforme et étaient soumis à des règle-s particuliers qu'ils s'engageaient par écrit à observer. conduite était soumise à la surveillance des censeurs is dans leur sein.

— L'université de Moscou vécut dans ces conditions jus- commencement de ce siècle. Dans les premiers temps gne d'Alexandre Ier, l'enseignement national fut réorga-ur de très-larges bases. En 1802, on créa un ministère l de l'instruction publique. L'année suivante, parurent èglements provisoires qui organisaient un système com-l'enseignement public en créant, à côté des universités, ymnases, des écoles de districts et des écoles de paroisses. , le $\frac{5}{17}$ novembre 1804 furent promulgués les règlements tifs des écoles primaires et secondaires placées sous la ction des universités, ainsi que les statuts des universités scou, de Kharkoff et de Kazan. Les statuts des trois uni-és étaient presque identiques ; en donnant à chacune s ses statuts propres, le législateur avait simplement laisser à chaque université la possibilité de se dévelop-part et de se modifier suivant ses besoins particuliers ou nt les exigences locales.

nouveaux statuts de 1804 faisaient des universités les s principales d'un système général d'enseignement pu-et assignaient à chacune d'elles un ressort territorial miné. Sans cesser d'être les premiers établissements ruction supérieure, elles devinrent à cette époque les es de l'administration de tous les établissements d'in-ion primaire et secondaire fondés dans leur ressort. ne université nommait et révoquait, dans son ressort, specteurs et les professeurs, proposait à la confirmation inistre les directeurs des gymnases, et faisait visiter les par des professeurs choisis dans son sein. Les affaires coles étaient gérées par le comité des écoles, composé du ır et de six professeurs ordinaires élus ; ce comité était de soumettre chaque année, au conseil de l'univer-n rapport sur l'état de l'instruction publique dans le t.

universités se divisaient en quatre facultés : la faculté iences morales et politiques, celle des sciences physi-et mathématiques, la faculté de médecine et la faculté oit. Quoique complétement indépendantes les unes des , ces facultés formaient cependant un tout complet. ne université comprenait un nombre déterminé de chaires ires. Ce nombre était naturellement inférieur à celui iste dans les universités actuelles, par cette simple rai-ne beaucoup de branches scientifiques qui, au commen-nt de ce siècle, s'enseignaient ensemble, se sont déve-es depuis, au point de constituer aujourd'hui des sciences ctes, exigeant chacune une chaire spéciale. Ainsi, en la chimie n'avait qu'une seule chaire ; la minéralogie tronomie étaient réunies ; la physiologie, l'anatomie et decine légale s'enseignaient ensemble ; la langue russe belles-lettres n'occupaient aussi qu'une seule chaire ; les langues orientales réunies en occupaient une autre. oire, la géographie, la statistique, n'avaient qu'un seul seur ; l'économie politique et la diplomatie en avaient tre.

ôté des professeurs ordinaires, chaque université com-it douze professeurs adjoints, dont quatre, un par faculté, ient le titre honorifique de professeur extraordinaire, avec une augmentation de traitement payée par la caisse de l'université.

Les statuts de 1804 faisaient de chaque université un espèce de collége, jouissant d'une autonomie complète. Les univer-sités, directement placées sous la protection de l'empereur, étaient confiées à la haute direction du ministre de l'instruction publique. Elles étaient, il est vrai, soumises à l'autorité spé-ciale du curateur de leur ressort, en tant que parties de l'administration supérieure des écoles ; mais le curateur n'exerçait qu'un contrôle général et s'efforçait de faire pros-pérer l'université sans entrer dans les détails intimes de son administration. Il n'avait pas pour fonctions de confirmer chacune des décisions du conseil, et ne s'occupait ni du juge-ment, ni de la répression des fautes commises par les étu-diants ou le personnel de l'université. Il était tenu au courant de tout ce qui se passait à l'université par les comptes rendus annuels et semestriels, par les rapports mensuels, et enfin par la copie du procès-verbal des séances du conseil. Chaque année, il examinait le programme des cours que le conseil de l'uni-versité soumettait à son approbation pour l'année suivante. Il pouvait aussi accorder à l'université le droit de faire des dépenses extra-budgétaires, jusqu'à concurrence de cinq cents roubles, et surveillait l'emploi de ces sommes, par l'intermé-diaire d'un assesseur qu'il choisissait parmi les professeurs.

Le conseil universitaire, avec le recteur élu par les profes-seurs, constituait le centre de l'administration autonomique de l'université. Ce conseil se composait de l'ensemble des professeurs ordinaires et extraordinaires ; les professeurs adjoints avaient le droit d'assister aux assemblées, mais ne pouvaient donner leur avis que dans les questions d'enseigne-ment, sans jamais prendre part aux élections. Le conseil éli-sait des professeurs pour les chaires vacantes et les présentait à l'approbation du ministre. Le conseil excluait aussi de son sein les professeurs qui négligeaient leurs devoirs ou se ren-daient indignes de leurs fonctions ; l'exclusion ne pouvait être prononcée que par une majorité des deux tiers des voix. Le conseil choisissait pour un an d'abord, plus tard pour trois ans, le recteur, dont la nomination était d'ailleurs soumise à l'approbation de l'empereur. Le recteur réunissait le con-seil au moins une fois par mois et le présidait ; il conservait le grand sceau de l'université, représentait celle-ci dans toutes les circonstances, et veillait à l'accomplissement des devoirs qui incombaient à chaque membre de la corpora-tion. En son absence, en cas de maladie ou de mort, il était remplacé par un prorecteur. Le conseil décidait les affaires ordinaires à la majorité des voix, par vote ouvert ; les ballot-tages n'étaient en usage que dans les élections ou pour les distributions de récompenses. Le conseil avait un secrétaire choisi parmi les professeurs ordinaires ; ce secrétaire était chargé de tenir les procès-verbaux des séances et la corres-pondance des membres du conseil, d'écrire l'histoire de l'uni-versité et de conserver ses archives.

Le conseil de l'université, composé d'un grand nombre de membres, se réunissait à intervalles périodiques, mais assez rares, et par conséquent ne pouvait surveiller lui-même toutes les affaires. Il confiait la direction immédiate à des commis-sions tirées de son sein. Les conseils de facultés s'occupaient plus spécialement des questions concernant l'enseignement, et le comité administratif était chargé des affaires de police et de finances.

Les conseils de facultés se composaient des professeurs et des

professeurs adjoints, sous la présidence du plus ancien ou doyen, choisi parmi les professeurs ordinaires par le conseil de l'université. Un professeur adjoint remplissait les fonctions de secrétaire du doyen. Les conseils de facultés s'occupaient de la répartition des cours, faisaient passer les examens et conféraient les grades universitaires, de candidat, de maître et de docteur.

Le comité administratif de l'université comprenait le recteur, les doyens et un assesseur choisi par le curateur parmi les professeurs ordinaires; cet assesseur était l'aide du recteur et remplissait le rôle de procureur du gouvernement dans les affaires d'administration intérieure. Le comité administratif s'occupait des dépenses et des revenus de l'université, signait les contrats et soumettait chaque année les comptes au conseil. Ces comptes étaient ensuite vérifiés par un comité spécial, composé de professeurs ordinaires désignés par l'administration supérieure.

Le comité administratif nommait les employés subalternes et veillait à l'ordre et à la discipline intérieure. Dans des cas graves, le recteur pouvait, sans réunir le comité, prendre, sous sa responsabilité personnelle, les mesures qu'il jugeait nécessaires; il pouvait même, au besoin, réclamer l'assistance des autorités civiles ou militaires. Il rendait compte de ces mesures exceptionnelles au comité convoqué à ce sujet. La police de l'université était d'ailleurs facile à faire, car elle ne s'étendait pas au dehors des bâtiments de l'université; à l'exception des boursiers, les étudiants logeaient tous en ville et portaient l'habit bourgeois. Leur conduite était soumise à des règlements spéciaux émanant du conseil de l'université et approuvés par l'autorité supérieure; pour toute transgression, les étudiants étaient appelés devant le tribunal universitaire. Les statuts de 1804 conservaient aux universités tous les priviléges dont les statuts de 1755 avaient gratifié l'université de Moscou, conformément à ce qui se faisait à cette époque dans les universités étrangères. La justice se rendait par communications écrites et non publiquement. Un syndic, choisi par le conseil de l'université parmi les professeurs, était chargé de préparer les affaires et de les soumettre ensuite au conseil administratif, en les accompagnant de son avis motivé. L'université jouissait d'une juridiction civile et criminelle très-étendue sur les étudiants, ainsi que sur les autres membres de la corporation. Elle jugeait toutes les affaires civiles, à l'exception des affaires concernant les immeubles; dans les affaires criminelles, elle faisait faire les perquisitions, et son syndic siégeait au tribunal en qualité de représentant de l'université. Les affaires de discipline, c'est-à-dire celles qui résultaient de la transgression des règlements universitaires, étaient jugées par l'université elle-même. Les tribunaux universitaires avaient trois degrés: le recteur, le comité administratif et le conseil de l'université. Les punitions prononcées par le recteur ne dépassaient jamais trois jours de prison, tandis que le comité administratif en donnait jusqu'à quinze; quant au conseil de l'université, il constituait une sorte de tribunal de dernière instance. Des jugements de ce conseil on en appelait directement au Sénat dirigeant. Le but principal des universités étant de former des jeunes gens aptes aux carrières du gouvernement, le nombre des boursiers était toujours considérable. Ces étudiants restaient soumis à la surveillance d'un inspecteur spécial élu par le conseil parmi les professeurs ordinaires.

Telles furent les bases principales des statuts de 1804, qui ont contribué au développement des universités russes pendant les seize premières années qui suivirent cette réforme. Les cours étaient encore peu fréquentés, mais l'ouverture d'un grand nombre de gymnases sur tous les points de l'empire promettait d'augmenter le nombre des étudiants. L'influence de l'enseignement supérieur sur la société ne se faisait encore guère sentir, parce que la plupart des professeurs, venus de l'étranger, savaient fort peu de russe; mais le législateur avait donné aux universités les moyens de se développer elles-mêmes, et il était permis d'espérer que cette lacune pourrait être bien vite remplie, grâce aux jeunes professeurs russes qui se formaient sous les yeux des professeurs étrangers. Ainsi tout semblait présager aux universités russes nouvellement réorganisées un développement rapide et régulier. La vie que menaient les étudiants était calme et studieuse; aucun désordre sérieux n'avait été constaté, lorsque des événements imprévus, surgis dans l'Europe occidentale, vinrent brusquement réagir sur les universités russes, et transformer en lettres mortes la plupart des règlements de 1804.

III. — L'année 1819 fut, pour les universités allemandes, le commencement d'une période douloureuse. En exécution des décisions prises au congrès de Francfort le 20 septembre (2 octobre) 1819, les divers gouvernements allemands soumirent à un contrôle très-rigoureux leurs universités, qu'on accusait de propager des idées suspectes. On nomma des commissaires spéciaux à cet effet, et l'on supprima les principaux droits accordés antérieurement aux universités. Les gouvernements imposèrent des programmes très-sévères; l'enseignement des professeurs fut soumis à un contrôle spécial, au point de vue des doctrines suspectes qui auraient pu s'y glisser; enfin, à toutes les séances des conseils d'université assistaient un jurisconsulte et un procureur qui avaient le droit de protester contre les décisions du conseil. Toutes ces mesures réagirent sur les universités russes. Dès 1821, professeurs et élèves furent soumis au plus rigoureux contrôle. Dans les universités de Saint-Pétersbourg (1) et de Kazan, un inspecteur spécial, chargé de l'administration, fut placé au-dessus du recteur. Les universités perdirent peu à peu tous leurs priviléges. Les professeurs étrangers retournèrent presque tous dans leur pays; et pour les remplacer, on désigna, contrairement aux règlements, des gens incapables ou mal préparés, qui n'avaient pas les grades sagement exigés par les statuts. Souvent même, au grand détriment de la science, on confia plusieurs chaires à un même professeur. On peut s'imaginer facilement combien la décadence des universités influa sur les écoles secondaires et primaires qui en dépendaient.

Lors de son avénement au trône, l'empereur Nicolas fut frappé des malheureuses circonstances dans lesquelles se trouvaient les universités russes. Dès le 14 (26) mai 1826, il chargea un comité spécial de procéder à la réorganisation de l'enseignement national. Les statuts réglant l'organisation des gymnases, des écoles de district et de paroisse furent publiés en 1828; enfin, le 26 juillet (7 août) 1835 parurent les nouveaux statuts universitaires. Indépendamment de ces mesures, on avait ouvert, dès 1828, à l'université de Dorpat (2), une espèce

(1) L'université de Saint-Pétersbourg ne remonte qu'à 1819.

(2) L'université de Dorpat a été fondée par Gustave Adolphe en 1635; elle fut réorganisée en 1802 par l'empereur Alexandre Ier.

normale supérieure, qui pendant dix ans a formé des
seurs pour les universités russes.
statuts de 1835, joints à ceux de 1828, constituaient une
ie radicale du système d'enseignement public en
. Les établissements d'instruction secondaire et pri-
, ayant reçu un développement considérable, furent
ètement détachés des universités. L'administration de
oles ne pouvait d'ailleurs que détourner les professeurs
rs occupations scientifiques, et, sous ce rapport, les uni-
s n'eurent qu'à se louer de la mesure qui les privait
it d'administrer les écoles de leur ressort. L'organisa-
s universités subit elle-même de graves changements.
seil de l'université fut maintenu, mais son action fut
e aux parties pour ainsi dire techniques de l'enseigne-
à l'élection du recteur et à la présentation des candi-
our les chaires vacantes. Le nombre des étudiants était
u assez considérable, mais la plupart étaient attirés
par le désir de compléter leur éducation en acquérant
nnaissances solides, que par l'espoir d'arriver aux fonc-
uxquelles les grades et certificats universitaires don-
t accès. A de rares exceptions près, les étudiants étu-
t peu, ne se donnaient pas la moindre peine pour se
tionner, et se contentaient généralement d'apprendre
eur les le çons des professeurs. Les examens consistaient
errogations et en réponses orales sur les sujets traités
les cours.
ôté du conseil d'université les statuts de 1835 placèrent
mité administratif, en changeant tout à fait son rôle.
omposait comme précédemment, du recteur, des doyens
n syndic remplissant les fonctions de l'assesseur nommé
s statuts de 1804; mais, dans la nouvelle organisation,
mité était devenu une institution à peu près exclusive-
économique, complétement indépendante du conseil de
ersité. Ce dernier ne recevait plus communication d'au-
ompte, et par suite n'avait plus aucune connaissance
propre budget, ni de la manière dont il était employé.
a même époque, les universités perdirent leurs derniers
èges judiciaires. Toutes les affaires civiles relatives au
nnel de l'université retombèrent sous la juridiction des
naux ordinaires, sans que l'université eût le droit de s'en
er. Il en fut de même des affaires criminelles, avec cette
ence qu'un représentant de l'université était désigné pour
les perquisitions chez les étudiants. Enfin, l'autorité dis-
aire elle-même fut enlevée à l'université et confiée à un
cteur placé au-dessus du conseil et du recteur; cet
cteur, choisi parmi les employés civils ou militaires, dé-
it directement du curateur du ressort. Les relations de
ecteur avec les étudiants étaient de nature toute patriar-
c'est-à-dire qu'elles étaient basées non pas sur des règle-
s définis, mais sur l'appréciation personnelle de l'inspec-
il communiquait ses remontrances pour les fautes
nises à l'intérieur ou à l'extérieur de l'université, sous
orme purement administrative. Pour rendre plus facile
rveillance en dehors de l'université, les étudiants furent
és de porter un uniforme moitié civil, moitié militaire.
rateur était, lui aussi, tenu de suivre dans tous ses dé-
la conduite des étudiants; il avait jusqu'à un certain
sa part de responsabilité pour les fautes commises par
car l'administration supérieure voyait dans ces fautes la
re d'une surveillance insuffisante.
ec le temps, d'autres restrictions vinrent encore s'ajouter
à toutes celles que nous venons d'énumérer. En 1846, plusieurs universités, celles de Kharkoff et de Kiev (1), par exemple, furent placées sous l'autorité militaire des gouverneurs généraux. Dès 1849, à la suite des troubles qui éclatèrent dans l'Europe occidentale, les principaux articles des statuts de 1835 furent abrogés. Le conseil de l'université perdit le droit d'élire le recteur; le nombre des étudiants tomba à trois cents; des programmes sévères limitèrent l'enseignement, et l'on cessa complétement d'envoyer les jeunes Russes destinés au professorat compléter leur éducation scientifique à l'étranger. Il faut ajouter tout de suite que les universités russes ne restèrent pas longtemps dans ces conditions exceptionnelles. Après l'avénement au trône de l'empereur Alexandre II, leurs principaux droits leur furent graduellement restitués, et elles ne tardèrent pas à se retrouver dans les conditions où les avaient placées les statuts de 1835. Mais ce n'était pas certes là une situation bien brillante.

Si, pendant la période que nous considérons en ce moment, le niveau des études universitaires n'a pas baissé en Russie, ce n'est pas aux statuts de 1835 qu'il faut en attribuer l'explication. La principale cause des progrès rapides que firent ces études, c'est certainement la création de l'école normale de Dorpat, dont étaient sortis un assez grand nombre de jeunes professeurs qu'on avait ensuite envoyés compléter leur éducation à l'étranger. L'heureux choix de quelques curateurs dévoués aux études supérieures fut une autre cause de vitalité pour les universités. Sachant tourner les rigueurs des règlements, ces curateurs témoignaient leur confiance aux universités, encourageaient les efforts des professeurs et ceux des étudiants qui montraient des dispositions particulières. Des causes aussi exceptionnelles, placées pour ainsi dire en dehors des statuts réglementaires, ne pouvaient suffire au développement régulier des universités; aussi, à partir de 1848, commencèrent-elles à décliner visiblement.

IV. — Le rapport officiel auquel nous avons emprunté presque littéralement tout ce qui précède, indique cinq causes principales de la décadence des universités :

1. Le manque de bons professeurs.

2. La trop grande variété des matières obligatoires pour les élèves : cette variété faisait sacrifier la solidité des connaissances et introduisait une trop grande indulgence dans les examens.

3. La préparation insuffisante des élèves à leur arrivée à la faculté; ce qui obligeait les professeurs à abaisser le niveau de leur enseignement.

4. L'indifférence des sociétés savantes envers leurs universités et envers la science elle-même.

5. L'insuffisance des moyens que les universités avaient à leur disposition, comparativement à ceux des autres universités européennes.

En 1858, le ministère de l'instruction publique en Russie résolut de mettre fin à toutes ces causes de décadence. Un projet de statuts pour l'université de Saint-Pétersbourg fut élaboré et soumis, en 1858 même, à l'examen de l'université de Moscou. Celle-ci était priée de donner son avis sur ce projet, et d'indiquer les changements que nécessiteraient les conditions spéciales ou les besoins particuliers de l'université de Moscou. Son avis motivé arriva au ministère pendant le mois d'août 1859; on y joignit un rapport spécial de l'université de

(1) L'université de Saint-Vladimir, à Kiev, fut fondée en 1834.

Kharkoff sur l'organisation des facultés physico-mathématiques, et l'on envoya le tout à l'université de Saint-Vladimir à Kiev.

L'ensemble des matériaux ainsi réunis dès le mois de décembre 1861 fut confié à une commission présidée par M. Von Bradke, curateur de l'université de Dorpat. Cette commission rédigea un projet de statuts en se basant sur tous les documents précédents.

Ce projet fut imprimé au commencement de 1862, et soumis à l'examen des conseils d'universités et de quelques dignitaires ecclésiastiques et civils.

Les discussions et les observations affluèrent au ministère de l'instruction publique. Les journaux russes publièrent les appréciations les plus variées de ce projet de statuts. Le ministre eut l'heureuse idée de réunir toutes les pièces de cet intéressant débat et de les imprimer; plus de cent articles furent ainsi publiés. Chaque question avait reçu des solutions diverses, quelquefois même diamétralement opposées.

Le ministre de l'instruction publique s'était en même temps adressé aux savants de l'étranger. Le projet de statuts, traduit en français, en allemand et en anglais, avait été adressé à un grand nombre de professeurs distingués avec prière d'envoyer leurs observations au ministre. Cette mesure fut diversement appréciée en Russie. Beaucoup de personnes, entraînées par une trop grande susceptibilité nationale, la trouvaient tout simplement mauvaise, sous prétexte que les savants étrangers, peu au courant des mœurs et coutumes de la nation russe, n'étaient guère capables de juger de ses besoins intellectuels. Mais, comme le dit fort bien le rapport du ministère de l'instruction publique, ces considérations auraient quelque valeur si la Russie vivait d'une vie et d'une civilisation tout à fait à part, si sa civilisation n'avait rien de commun avec celle des autres États européens qui l'ont précédée dans la voie du progrès. Elles eussent été tout à fait justes si le ministère avait demandé l'avis des pédagogues chinois ou musulmans. Mais entre la civilisation russe et celle de l'Europe, il n'y a pas une différence tellement capitale, que les observations et les avis des savants étrangers ne puissent être fort utiles. Dix-neuf professeurs (dix Allemands, six Anglais, un Français, un Belge et un Suisse) envoyèrent des mémoires à l'appui de leurs observations. Tous ces mémoires furent imprimés.

Non content d'avoir ainsi réuni une collection de travaux précieux sur la réorganisation qu'il se proposait de faire, le ministre voulut, avant de procéder à la rédaction définitive des statuts, avoir une idée exacte de l'organisation des meilleures universités étrangères, et surtout des résultats auxquels cette organisation les a conduites. A cet effet, il envoya M. Kaveline, professeur de l'université de Saint-Pétersbourg, visiter les principales universités de l'Europe. On imprima aussi les lettres et rapports de M. Kaveline pour les joindre aux autres pièces.

Enfin, tous ces documents furent confiés à un comité spécial composé de professeurs et d'autres personnes instruites. Les membres de ce comité se partagèrent le travail, chacun s'occupant de préférence des questions qui lui étaient plus spécialement connues. Du 27 juin au 31 octobre, le comité se réunit dix-huit fois. Le résultat des travaux de ce comité fut un nouveau projet de statuts généraux pour toutes les universités russes.

Ce projet fut soumis à l'examen des hauts fonctionnaires de l'État et discuté dans le conseil des ministres en présence de l'empereur. Le 18-30 juin 1863, les statuts définitifs étaient promulgués et rendus immédiatement obligatoires pour les universités de Saint-Pétersbourg, de Moscou, de Kharkoff, de Kazan et de Saint-Vladimir à Kiev.

Nous avons tenu à donner au lecteur français une idée de la marche suivie par les gouvernements russes qui ont successivement réorganisé l'enseignement supérieur en Russie. Les nombreuses précautions dont le ministre de l'instruction s'est entouré pour la réorganisation de 1863 ne sont-elles pas la meilleure preuve du désir sincère qui pousse la Russie à se mettre, sous le rapport de l'instruction, au niveau des nations les plus avancées. La réforme universitaire n'est d'ailleurs qu'une des mille transformations entreprises par le gouvernement russe, et toutes sont marquées au cachet de la civilisation et du progrès. Qu'il nous soit permis de regretter, avec M. Louis Leger (1), que la Russie soit si peu connue en France. Nous nous joignons à lui pour insister sur l'utilité d'une chaire de langue russe à la Bibliothèque impériale, car nous pensons aussi que « pas un homme sensé n'hésitera à reconnaître que la Russie mérite d'être étudiée au moins autant que le Japon ou la Malaisie », dont les langues sont enseignées, au point de vue pratique, à la Bibliothèque impériale.

EUG. FELTZ.

Arlovetz (gouvernement de Kiev), septembre 1869.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

BOTANIQUE

COURS DE M. AD. BRONGNIART (2)

de l'Institut

Les Champignons (suite)

Les exemples que nous avons déjà donnés de multiplicité dans les organes de reproduction d'un même Champignon et dans quelques cas de conjugaison ou de copulation de deux organes différents pour la production de certaines spores vont se représenter dans les familles que nous avons encore à faire connaître.

Les Champignons que nous allons étudier en premier n'offrent pas, comme la plupart de ceux que nous avons examinés déjà, des corps charnus souvent volumineux, portant ou renfermant les organes qui donnent naissance aux spores; ils sont presque entièrement constitués par un mycélium filamenteux d'où naissent directement les sporanges ou les cellules sporifères; ils se rattachent par là au dernier groupe que nous avons étudié, celui des Érysiphés, mais ils ne possèdent pas comme celui-ci des perithèces renfermant des thèques qui contiennent elles-mêmes les spores; ils produisent soit des sporanges remplis de spores, soit des filaments spéciaux, sortes de basides qui engendrent à leur surface des spores ressemblant plutôt à des conidies qu'à de vraies spores.

Telles sont les MUCÉDINÉES dont nous allons nous occuper en premier, et dont les espèces les plus communes sont connues sous le nom de Moisissures. Elles se développent, comme

(1) *Revue des cours littéraires*, tome V, page 116, 18 janvier 1868.
(2) Voyez ci-dessus, page 626, 4 septembre 1869.

e sait, sur les matières organiques animales ou végétales, l'influence de l'humidité et d'un commencement d'altéon ; elles y forment de légères efflorescences ou une sorte luvet diversement coloré par les spores qui se produisent ur surface. Elles doivent elles-mêmes naissance à ces es extrêmement ténues, répandues dans l'atmosphère, et la présence est nécessaire, ainsi que l'ont constaté les ériences de M. Pasteur, pour que leur apparition se maste.

n a réparti ces petits Champignons dans des genres inbrables, car leurs formes et le mode de production de spores sur les filaments qui leur donnent naissance extrêmement variés; mais ce nombre sera sans aucun e sujet à bien des réductions à la suite d'une étude attende la vie de ces petits végétaux, car on a reconnu que ieurs des formes qu'on avait rapportées à cette famille ne que l'état conidifère précédant le développement parfait tres Champignons, et particulièrement de certaines Hypos ; nous avons vu que l'*Érysiphe* de la vigne, dans son e de reproduction par conidie, avait été rapporté au genre *um* dont le type est une vraie Mucédinée, les *Perono-*, dont nous parlerons plus loin, lorsqu'on ne connaissait leur fructification conidienne, avaient également été conus avec les *Botrytis*, véritables Mucédinées. Dans d'aucas, les divers degrés de développement d'une même issure ont donné lieu à autant de genres différents.

y aura donc des réformes nombreuses à introduire dans assification de cette famille ; il y a aussi bien des phénoes physiologiques à y étudier, car ces petits êtres liés intiient aux ferments et aux questions de la génération préue spontanée, jouent un rôle très-important dans la re.

dois ici me borner à vous signaler quelques-unes des es les plus vulgaires et qui peuvent servir de type aux grandes divisions des Mucédinées : les unes produisant s filaments, nés de son mycélium, des spores nues comme s des Champignons basidiosporés : ce sont les *Mucédinées orées* ou les *Botrytidées* ; les autres donnant naissance à vésicules ou sporanges remplies de spores, comme chez rands Champignons thécasporés, ce sont les *Mucédinées porées* ou *Mucorées*.

peut citer comme exemples des premières les *Penicil-* et les *Aspergillus* qui présentent deux des formes les communes des Moisissures.

Penicillium offrent un mycélium rampant peu apparent naissent des filaments dressés, cloisonnés, se terminant n pinceau de rameaux dressés qui produisent à leur exité un chapelet de spores simples.

Aspergillus (fig. 159-161) ressemblent beaucoup au genre dent, mais leurs filaments dressés se renflent à leur exité en une sorte de petite tête globuleuse dont toute la ce est couverte de petites cellules qui produisent chaun chapelet de spores dont l'ensemble forme un petit ule d'un vert bleuâtre.

ns ces productions de spores en chapelet, c'est toujours base du chapelet, au contact de la cellule productrice, de baside, que se forment les nouvelles spores qui arrià leur maturité vers l'extrémité libre du chapelet et se hent alors.

us beaucoup d'autres genres, les spores se développent solitaires à l'extrémité des rameaux, ou sur leur côté comme de petits rameaux épars ou verticillés.



Fig. 159, 160, 161. — *Aspergillus glaucus*. — *a*, filaments fertiles naissant du Mycelium. — *b*, capitule terminal avec spores en chapelet. — *c*, spores isolées.

Ces spores sont globuleuses, elliptiques, fusiformes, quelquefois arquées, simples ou cloisonnées et ne semblent dans la plupart des cas que des articles ou des ramuscules des filaments nés du mycélium, comme les *conidies* de beaucoup de Champignons supérieurs.

Nous pouvons citer comme exemple des Mucédinées endosporées ou *Mucorées* les *Mucor* proprement dits, qui constituent une des formes les plus communes des moisissures. Ici l'extrémité des filaments dressés se renfle en une vésicule sphérique séparée du filament lui-même par une cloison. Chacun de ces filaments ressemble à une fine épingle surmonté de sa tête. Ce renflement forme un conceptacle rempli de spores très-nombreuses qui s'échappent par la rupture de la membrane très-fine qui le constitue.

Les *Ascophora*, qui sont très-voisins des *Mucor*, en diffèrent en ce que l'extrémité du filament se prolonge en une sorte de colonne ou de tête sphérique dans l'intérieur du conceptacle dont la membrane ouverte régulièrement se rabat autour du pédicelle et forme ainsi comme une petite cloche très-régulière. Ces Moisissures, dont les longs filaments dressés sont fins et flexibles et forment des gerbes très-élégantes, se développent avec rapidité sur le pain humide, la colle de farine et d'autres corps sur lesquels on a répandu les spores recueillies précédemment et souvent conservées depuis longtemps.

Ce que nous disions précédemment de l'intérêt qu'offrirait l'étude de la vie de ces petits Champignons et de la probabilité de la multiplicité de leurs modes de fructification, se trouve confirmé par les recherches de M. de Bary sur l'identité de l'*Aspergillus glaucus* et de l'*Eurotium herbarum*. Ces deux Champignons, si différents par leurs organes reproducteurs, n'étant d'après lui que deux états différents de la même plante : l'*Aspergillus* avec la fructification exosporée que nous avons indiquée, l'*Eurotium* développé dans d'autres conditions et présentant des peridium avec spores nombreuses, comme certaines formes d'*Erysiphe* : voilà donc deux genres placés très-loin l'un de l'autre dans nos classifications qui ne sont qu'une seule et même plante.

De son côté, M. Tulasne avait jadis émis l'opinion que l'*Aspergillus maximus* n'est qu'une des formes du *Syzygites megalocarpus*, opinion plus récemment confirmée par les reche-

ches de MM. Schacht et de Bary. Il est donc probable que l'on retrouvera bientôt dans les Mucédinées d'autres exemples de polymorphisme analogues à ceux que notre éminent mycologue français a signalés déjà dans d'autres groupes de la grande classe des Champignons.

Si nous ajoutons que les ferments paraissent dus au développement de petits corpuscules qu'on rattache avec raison à la famille des Mucédinées dont ils constitueraient quelque état imparfait ou conidifère ; que plusieurs des maladies du cuir chevelu, que le muguet qui se développe sur la membrane muqueuse de la bouche, sont déterminés par le développement de petits Champignons appartenant également au groupe des Moisissures, etc., on appréciera le rôle important des Mucédinées dans l'ensemble de la nature.

Les Moisissures ne paraissent même pas étrangères aux phénomènes de fécondation dont on a trouvé des indices dans des Champignons plus parfaits. On a en effet observé de très-remarquables phénomènes de fécondation, ou plutôt de copulation, dans plusieurs espèces de Mucorées. Chez le *Rhizopus nigricans*, des tubes solides, rampants, ramifiés sans ordre se conjuguent; là où deux de ces filaments se rencontrent, chacun d'eux pousse vers l'autre un appendice d'abord cylindrique et du même diamètre que les filaments eux-mêmes. Les deux processus s'appliquent fortement l'un à l'autre par leurs extrémités : ils grandissent, deviennent claviformes et constituent ensemble un corps fusiforme posé en travers des deux filaments conjugués. Dans chacune des deux moitiés de ce corps s'amasse un protoplasma abondant, et l'extrémité la plus large de chacune d'elles est bientôt isolée par la formation d'une cloison. La cloison solide résultant des deux lamelles que la membrane primitive des clavules forme entre les cellules ainsi conjugées disparaît promptement tout entière, de façon que les deux cellules géminées se confondent en un organe de multiplication que M. de Bary désigne sous le nom de *Zygospore*. Cette Zygospore grandit beaucoup ; elle est généralement sphérique et un peu aplatie à ses deux extrémités ; son tégument fortement épaissi est formé de deux membranes ; son contenu est un plasma granuleux et huileux.

Tous ces phénomènes rappellent complétement ceux qui se montrent chez les Algues dans la famille des Conjuguées ; un semblable phénomène de copulation s'observe dans le *Syzygites megalocarpus* et la structure des Zygospores y est la même.

C'est seulement dans cette dernière plante qu'on a observé la germination de ces appareils de multiplication ; si, après un certain temps de repos, on les dépose sur un substratum humide, ils émettent un tube-germe à la manière des spores à parois dures et résistantes, et ce germe, sans donner naissance à un mycélium proprement dit, se développe en un arbuscule branchu chargé de sporanges terminaux, caractéristiques de l'espèce.

A la suite des *Mucédinées* nous placerons la famille des *Saprolegniées* qui s'en approche par son aspect extérieur, mais qui en diffère beaucoup par son mode de reproduction, et nous réunirons ici comme deux tribus d'une même famille les *Saprolegniées* proprement dite et les *Péronosporées*.

Les Saprolegniées proprement dites sont des plantes filamenteuses incolores, souvent parasites, d'une structure très-simple ; elles forment dans la plupart des cas une sorte de moisissure épaisse rayonnant dans tous les sens et recouvrant les organismes animaux et végétaux qui séjournent dans l'eau. Les plantes isolées qui composent ces moisissures sont formées de cellules simples, allongées et ramifiées, qui s'implantent profondément au moyen d'appendices radiculaires dans les tissus aux dépens desquels elles vivent ; elles ne contiennent ni chlorophylle ni amidon.

Ces plantes ont un double mode de reproduction : l'un, sans le concours des sexes, s'opère au moyen de ces germes mobiles dont nous avons parlé en faisant l'histoire des Algues et qu'on connaît sous le nom de *Zoospores:* l'autre se fait à l'aide de spores nées d'une véritable fécondation. Pour donner une idée de la formation des Zoospores, examinons ce qui se passe dans le *Saprolegnia ferax* qu'on trouve communément sur le corps des animaux noyés, et particulièrement des mouches mortes flottant sur l'eau qu'il recouvre d'un duvet blanchâtre et qui attaque même quelquefois les poissons vivants. Si l'on jette quelques mouches dans un verre d'eau, on verra généralement la plante se développer au bout de peu de jours. Le corps de la mouche se recouvre de filaments hyalins qui rayonnent autour d'elle. Sous le microscope, ces filaments sont continus, simples ou à peine rameux, et renferment de très-petits granules. M. Thuret a décrit soigneusement les curieux phénomènes qui se passent sous l'œil de l'observateur dans les filaments du *Saprolegnia*. Les granules dont nous venons de parler s'accumulent vers l'extrémité supérieure du tube à laquelle ils donnent une teinte grise un peu roussâtre. Bientôt cette portion s'isole du reste du filament par la formation d'un diaphragme, puis la matière granuleuse qu'elle contient se coagule en petites masses qui deviennent de plus en plus nettes et finissent par former autant de zoospores ; la condensation de la matière granuleuse, la formation de la cloison, le développement des zoospores, tout cela se passe souvent en moins d'une heure. Ces zoospores pressés à l'intérieur du tube, commencent bientôt à s'agiter; le tube qui présente à cette époque une petite protubérance à son extrémité se crève à cet endroit, et les zoospores s'échappent ; ils sont de forme turbinée et munis de deux cils ; leurs mouvements durent peu. La germination s'annonce par un mamelon qui s'allonge peu à peu en un tube semblable à ceux de la plante mère. Ce qu'on sait sur les organes sexuels des Saprolegniées est particulièrement dû à M. Pringsheim. Les organes sexuels femelles désignés sous le nom d'*Oogones* sont les extrémités de branches courtes qui se renflent, de manière à devenir sphéroïdales et qui se remplissent de contenu plastique. Ce contenu, d'abord uniformément granuleux, ne tarde pas à se diviser en plusieurs masses granuleuses qui deviendront autant de spores que l'on a nommées *Oospores*. La membrane du sporange ou de l'oogone est d'ailleurs munie d'un certain nombre de perforations ou plutôt de points amincis. Autour de cet organe, des ramifications latérales faiblement renflées à leur extrémité en une ampoule ovoïde se sont développées. A l'époque où l'on commence à apercevoir les perforations de la membrane de l'oogone, ces ampoules, abondamment remplies de matière plastique, s'isolent du reste du tube par un diaphragme. Ce sont dès lors des *Anthéridies* ; elles s'appliquent sur le sporange et par les perforations de ses parois envoient des appendices déliés qui pénètrent dans son intérieur, s'avancent dans la masse des jeunes spores, s'ouvrent et déversent leur contenu. Ce contenu consiste en corpuscules séminaux extrêmement petits, car ils n'atteignent pas $\frac{1}{500}$ de millimètre, et qui, d'après M. Pringsheim, sont mobiles. Après la fécondation, les jeunes

s'entourent d'une membrane solide et, passant par
érie de métamorphoses, deviennent des oospores, c'est-
des organes de reproduction de la plante destinés à la
tuer après un certain temps de repos. La production
oospores, dans le premier mode de propagation des Sa-
gniées ,avait fait placer d'abord ces Cryptogames parmi
gues; mais l'absence de la chlorophylle et leur analogie
les *Peronospora*, dont la nature fongique ne laisse pas
ute, doit les ranger parmi les Champignons. A côté des
legnia se placent les *Achlya* qui en diffèrent peu et quel-
autres genres également aquatiques moins bien connus.
a suite des *Saprolegniées* se placent les *Péronosporéess*,
intéressantes pour nous par leur parasitisme sur les
aux vivants dont ils sont une cause fréquente de destruc-
Ce groupe des Péronosporées comprend essentiellement
enres *Cystopus* et *Peronospora*.

résence du *Cystopus candidus* détermine la rouille blanche
rucifères qui se manifeste par des taches et des pustules
hes apparaissant sur tous les organes de ces plantes, les
es et les racines exceptées. On les trouve le plus souvent
face inférieure des feuilles de quelques espèces, très-
emment sur le *Capsella bursa-pastoris* et le *Lepidium sati-*
dans la partie supérieure de la tige, les pédicelles et les
arpes. Ces organes sont souvent plus ou moins défor-
gonflés et courbés. Le mycélium de ces Champignons se
e abondamment dans les organes attaqués, le plus sou-
même il se répand dans la plante entière ; il est formé
les tubes ou des filaments non cloisonnés, très-rameux, à
s épaisses et gélatineuses ; ces filaments rampent dans
anaux intercellulaires du parenchyme. M. de Bary a
taté qu'ils sont munis de suçoirs qui pénètrent dans les
les du parenchyme en perforant leurs parois, et dont les
mités sont renflées en forme de vésicule globulaire ; les
es blanches contiennent la fructification du *Cystopus*
connue par les descriptions de MM. Leveillé, Berkeley,
sne et autres observateurs. Des rameaux du mycélium
mulés dans certains points, sous l'épiderme de la plante
hie par le parasite et formant une sorte de stroma,
ent des faisceaux de tubes claviformes perpendiculai-
à la surface extérieure de ce stroma ; chacun d'eux
ndre à son sommet des vésicules à peu près sphéri-
disposées en chapelet. Ces vésicules qui ressemblent
conidies de certains Érysiphes en diffèrent à beaucoup
ards, et présentent un phénomène remarquable déjà ob-
é par Bénédict Prévost au commencement de ce siècle
1807), et signalé de nouveau par M. de Bary. Quand on
ème dans une goutte d'eau, en ayant soin qu'ils soient
èrement mouillés, il se produit dans leur intérieur un
ail tel que leur protoplasma se divise bientôt en cinq à
portions ; quelques minutes après, ces segments sont de-
is des Zoospores qui sortent par une des extrémités de la
die-sporange. D'abord immobiles, ils ne tardent pas à
iter à la manière de ceux des algues, car ils sont munis
leux cils, l'un plus court et dirigé en avant pendant la
che du zoospore, l'autre plus long, diamétralement opposé
premier et qui semble traîner après le corpuscule quand
i-ci se déplace. La génération des zoospores commence
éralement d'une heure et demie à trois heures après
semencement des conidies dans l'eau. On peut obtenir cette
duction des Zoospores même sur des échantillons recueillis
uis un mois et demi ; plus tard ils perdent cette faculté.

L'entophyte dont nous parlons possède une seconde
d'organes reproducteurs qui a longtemps échappé aux
vateurs, parce qu'il reste caché dans le parenchyme n
cier et dont on doit la découverte à M. de Bary. On re
ici des oogones et des anthéridies présentant beaucoup
logie avec le système sexuel que nous avons décrit à
sion du *Saprolegnia* ; aussi n'insisterons-nous point
sujet, nous ferons remarquer seulement que l'oogone n
ferme qu'une oospore munie d'une enveloppe exté
mince et d'un endospore très-épais.

Les oospores n'éprouvent de changement appré
qu'après un repos de plusieurs mois. M. de Bary en
recueilli à la fin de juin ne les vit se développer qu'au
mencement de décembre ; l'oospore germante devie
grand zoosporange dont le contenu s'organise en non
zoospores. Ceux-ci sont tout à fait semblables à ceux qu
sent des conidies-sporanges, et le sort qu'ils éprouven
même pour les uns et les autres. Que deviennent-il
l'état normal et spontané ? Peuvent-ils pénétrer da
plantes qui porteront le *Cystopus* adulte ? Quels sont les
des plantes par où la pénétration peut se faire ?— M. de
par de nombreuses, de patientes et d'ingénieuses obser
a résolu toutes ces questions.

Jamais il ne vit ces spores ou les tubes-germes
émettent pénétrer dans les racines. Quand on met sur
d'une feuille ou d'une tige de Crucifères une goutte
qui contient des zoospores, et qu'au bout de quelques
on en examine l'épiderme détaché, on voit la plup
zoospores fixés sur les stomates ; le tube-germe qu'ils o
y pénètre, mais leur végétation s'arrête promptem
plusieurs jours ou même quelques semaines après
mencement on examine l'épiderme et le tissu sous-ép
que, on y trouve les germes d'apparence fraîche, mai
conservé l'aspect qu'ils offraient le premier jour. M.
a constaté ce fait sur les feuilles et les tiges des pla
portent ordinairement le *Cystopus*, et ses nombreuse
riences d'ensemencement sur les divers organes de s
les l'ont conduit à reconnaître ce fait singulier, que
uniquement les germes entrés par les stomates d
lédons qui, en s'accroissant, produisent le mycéli
premiers tubes du mycélium peuvent produire des
dans les cotylédons mêmes, monter dans la plante cr
et en envahir tous les organes ; si la plante nourri
pendant l'hiver, ils durent avec elle pour repren
végétation au printemps.

Le *Cystopus candidus* habite un grand nombre de
res, peut-être la plupart d'entre elles ; mais M. de Ba
marqué que parmi ces espèces et parmi les partie
plante envahie, quelques-unes sont plus favorables a
loppement du parasite que les autres. Jamais il ne pu
ver d'oospores dans le *Barbarea*, le *Raphanus*, l'*Erysir*
n'est que très-rarement qu'il les vit dans les feuille
qu'ils se trouvent en abondance dans les tiges, les p
et les péricarpes des *Lepidium*, *Camelina*, *Capsella*, *N*

La rouille blanche des Pourpiers, des Chicorac
Cirsium et des Alsinées est due à des espèces de *C*
dont la végétation est tout à fait semblable à celle du
didus, mais qui sont très-bien caractérisées par la for
structure de leurs organes reproducteurs.

Les *Peronospora* ressemblent aux *Cystopus* par leu

tion entophyte, par la structure de leur mycélium et aussi par leur appareil reproducteur (fig. 162, 163 et 164).

Le mycélium consiste en des tubes très-rameux, cylindriques, variqueux ou moulés conformément aux canaux intercellulaires qu'ils remplissent ; leur membrane ne présente point l'épaisseur et la consistance gélatineuse des mêmes parties dans les *Cystopus*. Ce mycélium rampe dans les méats intercellulaires ou dans des cavités quelconques de la plante hospitalière; ces filaments sont munis de suçoirs qui peuvent perforer la paroi des cellules parenchymateuses et s'étendent parfois à leur intérieur en se divisant en de nombreux rameaux fasciculés; le *Peronospora infestans* ou parasite de la Pomme de terre est la seule espèce qui, selon les observations de M. de Bary, soit le plus souvent dépourvue de suçoirs. Son mycélium ne fait ordinairement qu'appliquer sa membrane ténue contre les cellules du tissu qu'il habite.

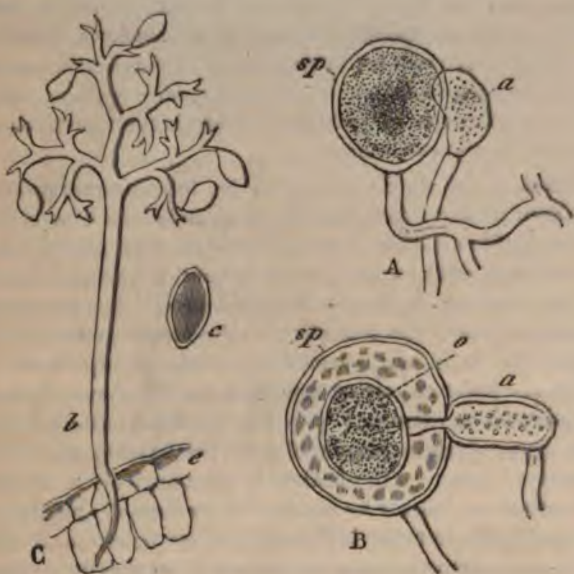


Fig. 162, 163, 164. — A et B, *Peronospora Alsinearum*. — A, Oosporange *sp* au moment de la fécondation par l'Anthéridie *a*. — B, le même après la fécondation et la formation de l'Oospore *o*. — C, *Peronospora Schleideniana*. Rameau conidifère *b* sortant de dessous l'épiderme *e* par un stomatate ; *c*, conidie.

La fructification non sexuée des *Peronospora* consiste en des cellules qui, à l'état de maturité, sont analogues aux conidies du *Cystopus*, mais les organes qui engendrent ces conidies ont des caractères spéciaux sur lesquels est fondée la distinction des deux genres ; ce sont des filaments allongés, dressés, nés du mycélium rampant sous l'épiderme de la plante, s'élevant généralement au travers des stomates ou plus rarement en perforant les parois des cellules épidermiques, fistuleux, non cloisonnés, et dont la partie supérieure se divise toujours en rameaux dont la disposition varie selon l'espèce. Dans le *Peronospora* de la Pomme de terre malade (*P. infestans*), la partie supérieure du filament fertile porte deux à cinq branches du premier ordre qui sont parfaitement simples ou quelquefois munies d'un ramule latéral. Dans les autres espèces, les rameaux du premier ordre épars sur le tronc ou issus d'une bifurcation de celui-ci offrent généralement des dichotomies répétées et dont chacune est dans un plan contraire à celui de la bifurcation précédente ; chaque rameau du dernier ordre engendre une seule conidie terminale.

Il est de ces conidies qui se comportent comme les spores simples de beaucoup de Mucédinées, avec lesquelles les *Peronospora* avaient d'abord été confondues comme appartenant au genre *Botrytis*. Placée dans des conditions favorables, chacune de ces conidies pousse un tube-germe dont la formation ne diffère en aucun point essentiel de ce qu'on connaît des spores de la plupart des Champignons. Dans d'autres cas, la conidie expulse un globule de protoplasma qui s'entoure de cellulose, devient ainsi une conidie secondaire et germe en émettant un tube épais qui s'allonge. Dans le *Peronospora infestans*, il n'en est pas ainsi ; les conidies comme celles des *Cystopus* peuvent engendrer et émettre des zoospores analogues à ceux des *Cystopus* ; elles peuvent aussi émettre un tube simple dont l'extrémité se renfle en forme de vésicule qui s'isole du tube-germe par une cloison et prend les caractères essentiels de la conidie mère ; cette cellule secondaire peut parfois engendrer une cellule tertiaire par un même procédé, et ces productions jouent également le rôle de sporanges; mais nous ne saurions insister davantage sur ces diverses sortes de germination, ni sur les circonstances dans lesquelles M. de Bary les a vues se manifester.

Quant aux organes sexuels des *Peronospora* dont la découverte est due à M. Tulasne, ils ne diffèrent de ceux des *Cystopus* que par des caractères secondaires ; leur développement est essentiellement le même dans les deux genres. On y observe également des Oosporanges fécondés par des Anthéridies qui s'appliquent sur un des points de leur surface et font pénétrer dans leur intérieur la matière granuleuse qu'ils renferment. M. de Bary a fait de nombreuses et inutiles tentatives pour observer la germination des oospores des *Peronospora* ; mais il admet, par analogie avec ce qui se passe dans les *Cystopus*, que ces oospores ayant reposé pendant l'hiver engendrent des zoospores, et que ceux-ci poussent des germes qui pénètrent dans la plante hospitalière.

Les germes des *Peronospora* peuvent-ils, comme ceux des *Cystopus*, pénétrer dans les plantes et y reproduire le parasite ? Les observations de M. de Bary ne permettent aucun doute à ce sujet. Semées sur une partie convenable de la plante hospitalière, les tubes-germes, après avoir atteint une longueur qui souvent ne dépasse pas le diamètre de la spore, perforent la paroi des cellules épidermiques, s'accroissent dans leur intérieur, puis traversent la paroi opposée pour entrer ordinairement dans les méats intercellulaires du tissu sous-épidermique et y former le mycélium.

La présence des stomates est généralement indifférente pour l'entrée des tubes-germes. Cependant le *Peronospora infestans* fait exception. Ses germes peuvent perforer aisément l'épiderme, mais s'ils rencontrent un stomate, ils y entrent.

Les germes du *Peronospora umbelliferarum* n'entrent que par les stomates.

Pour la plupart des espèces examinées par M. de Bary, la surface de tous les organes de la plante hospitalière qui s'élèvent au-dessus du sol peut servir à la pénétration du parasite. Sans insister sur ce point, nous nous bornerons à reproduire ici quelques-unes des expériences et des observations du savant professeur de Fribourg sur le *Peronospora* de la Pomme de terre.

Quand on sème le *Peronospora infestans* sur des feuilles saines de Pomme de terre, les tubes-germes entrent au travers de l'épiderme, le mycélium se répand dans le tissu du point ensemencé, et au bout de quelques jours des filaments sortent

par les stomates et produisent des conidies. Le tissu prend peu à peu une teinte noirâtre et se dessèche ou se pourrit. Les taches des feuilles sont donc produites par le parasite, et la propagation rapide de la maladie s'explique par la grande quantité de Conidies-sporanges et de Zoospores qui est produite et par la rapidité du développement de la plante.

Quand on sème les Zoospores du *Peronospora infestans* sur un tubercule sain, on voit les germes du parasite pénétrer dans les cellules superficielles, se répandre dans le parenchyme périphérique et produire les mêmes altérations qu'on observe sur les tubercules malades retirés du sol d'un champ. Mais le parasite ne fructifie ordinairement que sur les surfaces du tissu intérieur mises en contact avec l'air.

Quant au printemps une pomme de terre malade pousse ses tiges, le mycélium monte dans celles-ci et se trahit par des taches noirâtres. Le parasite fructifie abondamment et se propage dans la nouvelle saison par des conidies provenant du mycélium vivace. Cette circonstance est importante pour l'espèce dont il s'agit ici : car, du moins dans nos climats, elle ne produit pas d'Oospores et ne se multiplie que par des conidies dont la vitalité est sans aucun doute détruite promptement, soit par suite de leur germination immédiate, soit par leur dessiccation.

Si l'on se demande maintenant comment le parasite peut parvenir aux tubercules dans les cultures ordinaires, il n'y a pas de doute que cela peut avoir lieu à l'aide des conidies ou zoosporanges. Quand on place des tubercules sains dans du terreau et qu'on sème des conidies du *Peronospora* à la surface du terreau arrosé de temps en temps, on voit au bout de huit à dix jours les tubercules atteints de la maladie. Quand on examine le terreau ou le sol d'un champ dont les fanes sont envahies par le *Peronospora*, on trouve aisément les conidies à une profondeur considérable. Ainsi les conidies sont amenées aux tubercules par l'eau qui pénètre dans le sol ; ce liquide détermine le développement des zoospores et des germes dans le sol même, et ceux-ci, perçant l'épiderme, envahissent les tubercules pour y produire les altérations connues.

En résumé, la végétation du *Peronospora* détermine seule, d'après les observations anatomiques et physiologiques de M. de Bary, l'épidémie redoutable à laquelle la Pomme de terre est exposée.

Nous avons insisté sur l'histoire du *Peronospora infestans* à cause de la part si grave qu'il a eue dans les épidémies de nos végétaux cultivés. Ajoutons qu'il paraît comme la Pomme de terre être originaire de l'Amérique, et que c'est peut-être à cette origine exotique qu'on doit attribuer l'absence de la fructification sexuée dans cette espèce sur les plantes cultivées dans notre climat. On l'a observé en outre sur d'autres *Solanum* et sur la Tomate.

Le genre *Peronospora* renferme un grand nombre d'espèces parasites de végétaux sauvages ou cultivés. M. de Bary en énumère quarante-trois. Elles se développent en général sur diverses espèces d'un même genre ou d'une même famille naturelle et se signalent à l'observateur par le duvet ou la poussière grisâtre dont elles couvrent la face inférieure des feuilles et par le changement de couleur qu'elles déterminent dans ces organes.

De même que les Péronosporées, les Urédinées habitent des plantes vivantes. Leur mycélium, découvert et très-bien décrit par M. Léveillé en 1839, est formé de filaments ténus, rampant dans les méats intercellulaires, dépourvus de suçoirs et formant souvent des plexus inextricables. Leurs fruits naissent sous l'épiderme de la plante hospitalière sur un stroma, ou petite masse cellulaire formée par des rameaux du mycélium réunis, entrelacés et donnant naissance à des coussinets cellulaires assez compactes. L'accroissement de ceux-ci et de la fructification détermine, à un moment donné, la rupture de l'épiderme de la plante qui les nourrit et forme des petits groupes qu'on a souvent désignés, comme ceux formés par les sporanges des Fougères, par le nom de *Sores*.

C'est dans ces dernières années qu'ont été écrites les pages les plus curieuses et les plus importantes sur l'histoire de ces petits endophytes. Nous les devons surtout aux recherches si délicates et si approfondies de MM. Tulasne et de Bary. Avant de vous en donner une idée, nous devons pour ainsi dire définir les termes d'un langage qui sans cela ne serait pas compris. Ces termes sont les anciens genres *Æcidium*, *Uredo*, *Puccinia*, etc.

Les *Æcidium* (fig. 165, 166) sont caractérisés par l'existence

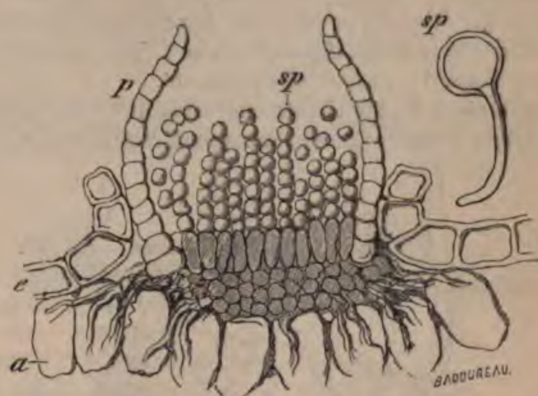


Fig. 165, 166. — *Æcidium Grossulariæ* ; coupe perpendiculaire à la surface de la feuille. — *a*, parenchyme de la feuille. — *e*, son épiderme déchiré. — *p*, péridium propre du champignon. — *sp*, spores se développant en chapelets sur des cellules-basides.

d'une véritable enveloppe protectrice, membraneuse, d'abord close et naissant de la circonférence d'un coussinet ou stroma du mycélium, dont les filaments ténus pénètrent dans le parenchyme sous-jacent. Cette sorte de péridium est formée d'un seul rang de cellules très-différentes de celles qui composent le parenchyme ou l'épiderme de la plante hospitalière. Après avoir protégé la fructification de l'entophyte et avoir formé une saillie plus ou moins considérable au-dessus de l'épiderme qu'il a déchiré, il s'ouvre au sommet d'une façon souvent très-régulière pour laisser échapper les spores.

Les organes de la fructification se composent de chapelets nombreux et libres, de petites cellules globuleuses. Dans chacun d'eux, ces cellules vont en grossissant de la base au sommet ; celles de la base sont à peine formées et naissent sur des cellules dressées, oblongues, sortes de basides, ce qui fait désigner ces spores par le nom de *stylospores* ; la cellule supérieure est une spore parfaite qui se détache. Chaque cellule du chapelet devient à son tour terminale et spore complète, et il y a une formation incessante de cellules à la base du filament moniliforme. Ces spores mûres sont sphériques, munies d'un tégument égal ; elles s'accumulent en grand nombre dans le péridium.

Les *Uredo* (fig. 167, 168) n'ont pas comme les *Æcidium* d'enveloppe propre et protectrice; les lambeaux de l'épiderme soulevé en tiennent seulement lieu. Il faut y joindre quelquefois des cellules dressées, libres et souvent assez grandes, sortes de *paraphyses* qui forment comme une haie autour des groupes de



Fig. 167. — *Uredo rosæ* jeune entourée par des paraphyses.



Fig. 168. — Spores adultes.

fructification ou des sores. A la surface du stroma se dressent des sortes de basides portant une seule spore qu'on désigne également comme des stylospores. Dans l'*Uredo* de la Ronce ou dans celui de la Rose, ces spores présentent cinq à six angles tous terminés par un point circulaire aminci et plus transparent que le reste du tégument. Dans l'*Uredo suaveolens* et l'*Uredo Fabæ*, il n'y a que trois pores, etc.

Les *Puccinia*, ou plutôt les Pucciniées (fig. 169-173), puisqu'on y distingue plusieurs genres, manquent, comme les *Uredo*, de

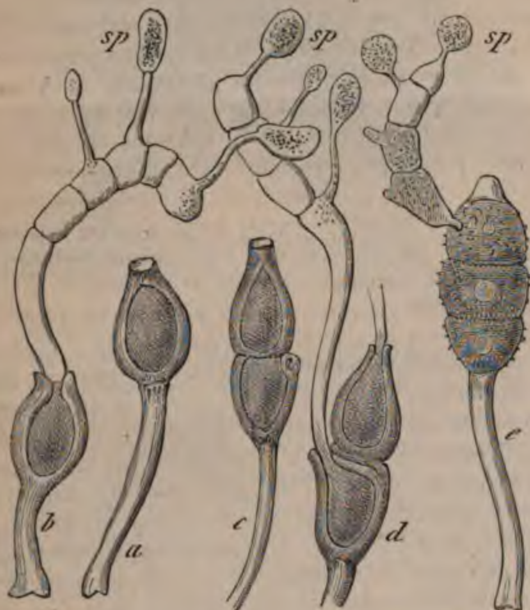


Fig. 169, 170, 171, 172, 173. — Pucciniées. — *a*, *Uromyces appendiculatus*, spore mûre. — *b*, la même produisant son promycélium et les sporidies *sp*. — *c*, *Puccinia Graminis*, spore double mûre. — *d*, la même en germination avec son promycélium et ses sporidies *sp*. — *e*, *Phragmidium bulbosum* germant et dont une des spores a produit son promycélium et ses sporidies *sp*.

péridium, ont un stroma chargé de cellules dressées et allongées en forme de massue pédicellée qui forment une sorte de sporange à deux spores soudées (*Puccinia*) ou à plusieurs spores (*Phragmidium*) ou même à une seule spore (*Uromyces*). Ces spores sont agencées de telle sorte qu'elles simulent un germe unique biloculaire ou pluriloculaire. Elles sont généralement d'une couleur foncée brune ou noire, à tégument épais et résistant, et présentent des amincissements analogues à ceux des *Uredo*.

Un fait très-curieux de l'histoire des Urédinées et qui avait été remarqué depuis longtemps par les mycologues, consiste dans la cohabitation très-fréquente de plusieurs espèces considérées jusque dans ces derniers temps comme distinctes, non-seulement sur la même plante ou la même feuille, mais dans le même groupe, de telle façon que le même coussinet ou stroma paraissait produire deux espèces d'Urédinées distinctes, appartenant même à des genres différents comme, par exemple, une Puccinie ou un *Phragmidium* et un *Uredo*. Anciennement, quelques botanistes avaient eu l'intuition que ces *Uredo* apartenaient au *Phragmidium* ou à la Puccinie, qu'ils représentaient des appareils ou des âges divers d'une même plante. Ces opinions s'accordaient avec le sentiment des agriculteurs, qui ne voyaient dans la rouille orangée et la rouille noire des céréales que des âges différents d'un seul et même parasite. Il y a une quinzaine d'années cependant, plusieurs savants croyaient encore que les *Uredo* et les Puccinies qui vivent dans les mêmes sores, constituaient des individualités végétales distinctes, tout au plus unies entre elles par les liens d'un parasitisme contestable; c'est seulement en 1854 que M. Tulasne fut amené par ses belles recherches à reconnaître que l'*Uredo* et la Puccinie, qui habitent ensemble sont une seule et même plante, que la première est une forme printanière moins importante que la seconde qui est œstivale et dont les spores durables *Chronispores* de M. Tulasne (*Téleutospores* de M. de Bary), développées en été ou en automne, ne germent qu'au printemps suivant. MM. Tulasne et de Bary ont démontré, en outre, qu'il existe un troisième appareil plus précoce que les deux autres et analogue à ceux qu'on a désignés sous le nom de spermogonies dans les Lichens et dans les Champignons. Les spermogonies des Urédinées consistent en un conceptacle globuleux ou hémisphérique formant une légère saillie à la surface des feuilles, dans le parenchyme desquelles elles sont plongées et dont la paroi intérieure est tapissée d'une masse épaisse de filaments simples et dressés. Du sommet de ces filaments (stérigmates) naissent isolément ou associées en courts chapelets des spermaties ovoïdes ou oblongues, très-petites, dont la multitude remplit bientôt la cavité simple de la spermogonie. Celle-ci sécrète, en outre, une matière visqueuse qui se joint aux spermaties et s'épanche avec elle hors de l'orifice unique du conceptacle. Chez le plus grand nombre des *Æcidium* foliicoles, les sores sont disposés en un cercle dont l'aire est occupée par un groupe de spermogonies; en même temps, sur le point correspondant à l'autre face de la feuille, on remarque souvent d'autres spermogonies plus nombreuses. Les taches d'un rouge orangé très-vif qui annoncent au printemps le développement du *Rœstelia cancellata* sur les feuilles des Poiriers, portent à la face supérieure de petits tubercules qui sont autant de spermogonies.

Pour déterminer les rapports qui unissent ces diverses formes d'Urédinées, M. de Bary, dans un travail assez récent, a cherché à savoir ce que deviennent les germes de ces plantes lorsqu'on les place dans des conditions favorables à leur développement. Il a suivi avec beaucoup d'attention les diverses phases de leur existence, et l'on peut citer pour exemples l'histoire de la Puccinie ou *Uromyces* de la Fève (1) (*Puccinia Fabæ*, Grev.; *Uromyces appendiculatus*, Lk).

Les spores de cette plante sont des cellules obovales,

brunes, lisses, montrant le pore terminal caractéristique des *Uromyces* et attachées au moyen d'un pédicelle sur le stroma qui les porte. L'ensemble forme des pulvinules compacts et noirâtres. Les spores mûrissent à la fin de l'été ou en automne. Pendant l'hiver, elles demeurent dans un état de repos et n'acquièrent la faculté de germer qu'au printemps ou dans l'été suivant. Alors, quand elles sont humectées et placées sur un sol ou dans une atmosphère humide, la germination a lieu au bout de quelques jours ; la spore produit un gros tube courbé et obtus qui se cloisonne en trois ou quatre segments, et chaque segment porte une spicule terminée par une sporidie ou spore secondaire. Ces sporidies sont réniformes. Cultivées sur du terreau ou sur des lames de verre humide, elles émettent un tube-germe court et ténu, qui peut engendrer une nouvelle sporidie ; mais tout se borne là. Si, au contraire, on les sème sur l'épiderme de la plante hospitalière, le tube qui en sort perfore la paroi d'une cellule quelconque, entre dans sa cavité, se renfle et s'accroît aussitôt en un cylindre dont l'épaisseur dépasse quatre à cinq fois celle du germe poussé par la sporidie. Ce cylindre s'allonge, se ramifie, se cloisonne ; ses rameaux perforent les parois intérieures de la cellule épidermique et entrent dans les méats intercellulaires du parenchyme pour y former en s'accroissant les filaments du mycélium. M. de Bary avait ensemencé ainsi des pieds de Pois et de Fèves. Au bout de six jours, la surface des points ensemencés prit une teinte blanchâtre. Trois jours après, de petites protubérances se montraient à la surface des taches blanches. C'étaient des spermogonies analogues à celles des *Æcidium*. Le nombre des spermogonies augmenta de jour en jour, et, peu de temps après, on vit de nombreuses protubérances qui ne tardèrent pas à prendre une couleur orangée et à s'ouvrir pour émettre des chapelets de stylospores semblablement colorés. C'était des péridies d'*Æcidium* nées comme les spermaties du mycélium intercellulaire issu des germes d'*Uromyces*. Pendant huit à quinze jours, le nombre et la longueur des péridies augmenta. Un mois après l'ensemencement parurent sur les taches blanches dont l'extension fut achevée avec l'apparition des péridies de l'*Æcidium*, des points noirâtres entremêlés avec elles et offrant la fructification ordinaire des *Uromyces*, c'est-à-dire les spores décrites plus haut associées à un petit nombre des organes que M. Tulasne appelle les stylospores ou l'*Uredo* des *Uromyces*, qui constituent l'*Uredo Fabæ* de Persoon. Ainsi, à la fin de sa végétation, le mycélium de l'*Æcidium* a engendré des fructifications semblables à celles qui lui ont donné naissance. Celles-ci sont indubitablement produites par le mycélium qui a produit les spermogonies et les péridies, les précautions dont M. de Bary a entouré ses expériences ne peuvent laisser aucun doute à cet égard.

Ce savant a semé les spores de l'*Æcidium* sur l'épiderme humecté de la plante hospitalière. Ils émettent un tube-germe qui pénètre par un stomate, s'allonge dans la cavité aerifère, au-dessous du pore, s'accroît et se ramifie promptement pour produire un mycélium qui se répand dans les espaces intercellulaires du parenchyme. Au bout de huit jours, de petites pustules se montrent, l'épiderme est soulevé et rompu et de petits coussinets bruns s'élèvent au travers des fentes. Cette couleur est due aux stylospores de l'*Uredo* signalé plus haut. Plus tard, cette formation s'arrête et l'on voit naître dans les mêmes pustules les spores tardives d'*Uromyces* dont nous avons parlé en commençant.

Les stylospores d'*Uredo*, qui ont la faculté de germer dès l'époque de leur maturité, pénètrent à travers les stomates. Le mycélium né de ces germes est semblable à celui qui a porté l'*Uredo*, et, au bout d'une semaine, il produit de nouveaux *Uredo* ; les pulvinules qu'il engendre sont identiques avec ceux qui naissent des stylospores d'*Æcidium* ; aussi bien que ceux-là, ils produisent des spores parfaites d'*Uromyces* à la fin de leur végétation. Jamais, dans ces très-nombreuses cultures, l'observateur n'a vu un autre fruit naître des stylospores-*Uredo*. Ce sont des organes qui reproduisent toujours la même forme de l'espèce à laquelle ils doivent leur origine.

M. de Bary a conclu de ces observations que l'*Uromyces appendiculatus* présente, outre les spermogonies, quatre sortes d'organes reproducteurs, qui servent tous à propager l'espèce, mais dont un seul la reproduit dans une forme toujours identique, tandis que les autres présentent des générations alternantes. En résumé, il y a :

1° Les *spores*, qui produisent en germant le promycelium, et sur lequel se développent les sporidies;

2° Les *sporidies*. Celles-ci donnent lieu à un mycélium, qui porte d'abord :

3° L'*Æcidium*. Il engendre des stylospores; ces stylospores produisent :

4° L'*Uredo*, seconde forme de fructification à stylospores, et plus tard les spores numéro 1, qui sont toujours associées à l'*Uredo* dans la même pustule, les spores parfaites et les stylospores-*Uredo* viennent aussi sur le mycelium vieux, qui a préalablement produit l'*Æcidium*. Les stylospores-*Uredo* reproduisent toujours l'*Uredo* et les spores proprement dites. Enfin on doit remarquer que les germes des sporidies de l'*Uromyces* pénètrent dans les méats intercellulaires en perforant les cellules de l'épiderme, tandis que les germes de l'*Æcidium* et de l'*Uredo* ne s'introduisent que par les stomates. Ce fait paraît s'appliquer d'une manière générale à ces trois formes du même végétal dans les autres Urédinées.

Presque tous les *Æcidium* que l'on connaît sont entièrement conformes entre eux: il en est de même de la plupart des *Uromyces*, tant pour leurs spores que pour les *Uredo* qui, selon M. Tulasne, en sont la forme stylosporée.

Les Puccinies ne diffèrent des *Uromyces* que par leurs spores biloculaires. On trouve des *Uromyces* et des *Puccinia* qui présentent des spermogonies semblables à celles précédant les *Æcidium* qui habitent la même plante hospitalière ; toutes ces données paraissent indiquer, selon MM. Tulasne et de Bary, que les *Æcidium* ne constituent pas un genre par eux-mêmes, mais qu'ils sont des organes appartenant à des espèces qui offrent un développement analogue à celui de l'*Uromyces appendiculatus*. Chacune de ces espèces posséderait ses spermogonies, son *Æcidium*, son *Uredo* et ses spores proprement dites; chacune offrirait des générations alternantes analogues.

Certains de ces Champignons parasites, outre les phénomènes curieux de génération alternante que nous venons de signaler et qui doivent s'étendre à un grand nombre d'Urédinées qu'on appelle aujourd'hui des noms de *Puccinia*, d'*Uromyces*, de *Phragmidium*, d'*Æcidium* et d'*Uredo*, présentent en même temps le fait remarquable de l'*Heterœcie*, c'est-à-dire un changement de plante hospitalière.

Des essais de culture avaient montré à M. de Bary que les urédospores du *Puccinia Graminis* et ses spores finales parfaites (téleutospores) ou Puccinie proprement dite naissent

exclusivement sur les Graminées ; que, par ses urédospores, ce Champignon se multiplie dans ces plantes sous une forme constamment la même, mais que les germes des sporidies engendrées par les téleutospores de la Puccinie après le repos hibernal, ne pénètrent que dans les feuilles de l'Épine-Vinette ou Berberis. Ils s'y développent en un mycélium et produisent l'*Æcidium Berberidis*, qui est conséquemment un membre légitime du *Puccinia Graminis*. Il y avait lieu de supposer qu'à leur tour, les germes des spores de l'*Æcidium* s'introduiraient dans les parties vertes des Graminées pour y reproduire l'*Uredo* et la Puccinie en question. M. de Bary déposa donc sur de jeunes plants de seigle des spores mûres et fraîchement cueillies de l'*Æcidium Berberidis*. Six jours après, de petites taches jaunes se manifestèrent sur des feuilles ensemencées, et, deux jours plus tard, une de ces feuilles commença à montrer un *Uredo* orangé qui avait déchiré l'épiderme. Tous les *Uredo* obtenus de ces cultures présentaient les caractères particuliers à celui qui précède la *Puccinia Graminis*.

M. de Bary a suivi dans tous ses détails le cercle de la végétation d'une autre Puccinie des céréales, la Puccinie de la paille (*P. Straminis*).

Les germes des sporidies de cette plante ne pénètrent point dans les feuilles des Graminées et ne peuvent pas ainsi servir directement à sa propagation sur les céréales. D'après l'exemple fourni par le *Puccinia Graminis*, on pouvait présumer que ces germes s'introduisaient dans un autre genre de plante dicotylédone pour y donner naissance à quelque *Æcidium*. M. de Bary pensa tout d'abord aux plantes qui nourrissent un *Æcidium*, à l'exclusion d'*Uredo* et de Teleutospores, et qui ont, en outre, coutume de vivre dans le voisinage des Graminées infestées de *Puccinia Straminis*. Il fit donc divers essais dont la plupart ne réussirent pas, mais il vit enfin les germes se développer sur les feuilles de l'*Anchusa*. Il se développa des spermogonies d'*Æcidium*, mais là s'arrêta la végétation du Champignon semé sur des feuilles détachées, qui s'étaient promptement altérées.

En ensemençant les cotylédons du *Lycopsis arvensis*, M. de Bary fut plus heureux. Des spermogonies précédèrent des conceptacles d'*Æcidium*, qui mûrirent et s'ouvrirent dix-sept jours après le commencement de l'expérience.

Cet *Æcidium* offrait tous les caractères d'une espèce bien connue des mycologues sous le nom d'*Æcidium Asperifolii*. Aussitôt que les spores des *Æcidium* cultivés furent mis à germer sur les feuilles de jeunes plants de seigle, ils déterminèrent le développement d'un *Uredo* qui présentait tous les caractères de celui du *Puccinia Straminis*. Un plant de seigle artificiellement infesté d'*Æcidium Asperifolii* montra, à la place même qui avait reçu les spores, des téleutospores de *Puccinia Straminis*.

Pour compléter les expériences précédentes, des plants de seigle furent ensemencés avec les spores d'un *Æcidium asperifolii* recueilli dans la campagne, et il en résulta la production de l'*Uredo* du *Puccinia straminis*.

Ainsi le *Puccinia Straminis* est aussi un parasite hétéroïque, mais, tandis que le *Puccinia Graminis* ne peut produire son *Æcidium* que sur une seule de nos plantes indigènes, l'Épine-Vinette, cette Puccinie de la paille, croît indifféremment aux dépens de plusieurs espèces de Boraginées, même de genres différents.

M. de Bary s'est encore assuré qu'une autre espèce de Puccinie graminicole, le *P. coronata*, est hétéroïque et produit son *Æcidium* sur les *Rhamnus*. Mais les spores de cet *Æcidium* n'ont point germé sur le blé, le seigle et l'avoine ; elles l'auraient peut-être fait sur les *Holcus* qui nourrissent fréquemment ce parasite, et ce serait seulement par l'*Uredo* qui en provient qu'elles se propageraient sur nos céréales, qui sont du reste plus rarement attaquées par cette espèce que par les deux précédentes.

A la face inférieure des feuilles du Poirier se montrent souvent à la fin de l'été des groupes de petits cônes s'ouvrant longitudinalement par plusieurs fentes latérales et constituant une sorte d'*Æcidium* connu sous le nom de *Rœstelia cancellata*. Depuis longtemps, les horticulteurs avaient remarqué que le voisinage des Genévriers (*Juniperus Sabina*, *Oxycedrus*) paraissait déterminer cette maladie du Poirier. Ces Genévriers nourrissent en effet, un Champignon connu sous le nom de *Podisoma juniperi*, qui produit à la longue, sur leurs branches, des tuméfactions irrégulières du bois et de l'écorce. Ce Champignon consiste en ligules charnues ayant l'apparence de certaines Tremelles et dont la surface est garnies de spores biloculaires. Ces spores, sans se détacher de la surface du stroma charnu qui leur a donné naissance, émettent de longs tubes sur lesquels apparaissent des spicules et des sporidies d'une extrême ténuité.

Déjà des expériences que M. Decaisne avait instituées il y a quelques années dans les pépinières du Muséum semblaient confirmer l'opinion des horticulteurs sur l'influence de la Sabine (*Juniperus Sabina L.*), sur la production du *Rœstelia cancellata* des Poiriers par l'action du *Podisoma* développée sur ces Genévriers. Cette année, cette expérience a été répétée avec plus de soin et a donné les résultats les plus positifs.

Quatre jeunes Poiriers parfaitement sains sortant d'un semis dont aucun individu n'avait jamais été atteint de *Rœstelia*, ont été plantés à peu de distance les uns des autres, et, entre eux, a été placé un *Juniperus Sabina*, dont la tige portait au printemps de nombreuses excroissances de *Podisoma*. Des applications directes de ce *Podisoma* ont été faites sur plusieurs feuilles. Celles-ci et un grand nombre d'autres ont été bientôt atteintes par les plantes parasites développées, sans aucun doute, sous l'influence des sporidies répandues par le *Podisoma* dans l'air ambiant. Les spermogonies qui précèdent la formation de l'*Æcidium* ou *Rœstelia* se sont montrées en grand nombre formant les plaques orangées qu'on voit en ce moment à la surface supérieure des feuilles, et qui, sans aucun doute, seront suivies, sur plusieurs d'entre elles, dans une saison plus avancée, de l'apparition du *Rœstelia cancellata* à leur surface inférieure.

Le *Podisoma* joue ici le rôle des Puccinies dans les exemples précédents de génération alternante hétéroïque, mais il y a encore à constater le transport des spores de l'*Æcidium* ou *Rœstelia* sur les Genévriers pour y déterminer la production du *Podisoma*, et c'est un résultat qui sera bientôt obtenu.

Remarquons enfin que le *Juniperus communis*, bien plus répandu que les *Juniperus Sabina* et *Oxycedrus*, portant le même *Podisoma*, est probablement l'origine du parasite si fréquent sur les Poiriers de nos jardins. Le Genévrier de Virginie, très-généralement cultivé, peut aussi en être la cause, le *Podisoma Juniperi* l'attaquant également.

C'est à côté des Urédinées que se placent les Ustilaginées, qui ne naissent pas seulement sous l'épiderme pour y former

de petites pustules arrondies ou linéaires, mais qui occupent, au contraire, le plus souvent les couches profondes du parenchyme des plantes et entraînent habituellement la destruction complète de l'organe qui leur a servi de matrice. Ces plantes ont été l'objet des recherches approfondies de MM. Tulasne, Kühn et de Bary, qui serviront de base au rapide aperçu qui va suivre.

Les *Ustilago* vivent dans les tissus des Graminées et dans les fleurs d'autres végétaux, tant monocotylédonés que dicotylédonés. Un des plus curieux est celui qui se substitue au pollen dans les anthères de quelques Caryophyllées (*Lychnis dioica* et *L. flos-cuculi*). Le plus anciennement connu est celui qui attaque particulièrement les Orges et les Avoines et cause moins de tort au Froment. Il se développe dans le parenchyme des glumes, des bâles, de l'axe des épillets et des fleurs. Une sorte de squelette noirci et méconnaissable est tout ce qui reste de ces parties quand le vent a dissipé la poussière formée par les spores. Par lui, les organes de la fleur sont plus ou moins avortés, les épillets stériles et altérés. Une autre espèce d'*Ustilago* est très-connue des cultivateurs, à cause du tort qu'elle fait au Maïs. Elle se développe spécialement dans les écailles ou bractées qui entourent la fleur femelle de cette plante, dans cette fleur même, dans les feuilles voisines de l'épi, sur la tige et dans les fleurs mâles et femelles. Les parties de la fleur sont toutes diversement hypertrophiées. L'ovaire lui-même prend souvent part à ces turgescences. Le Champignon peut aussi se développer dans les bractées qui accompagnent l'épi et dans la tige de la plante. Il détermine sur cette dernière partie la formation de tumeurs plus ou moins volumineuses et difformes.

Ces excroissances étant encore gorgées de suc sont formées d'un parenchyme à grandes cellules, fréquemment lacuneux, traversé par un petit nombre de faisceaux fibro-vasculaires. Les autres parties de la plante envahies par l'entophyte offrent d'ailleurs une structure analogue. A quelque instant qu'on les examine avant la pulvérulence finale de l'*Ustilago*, les lacunes de ce parenchyme et souvent ses cellules constitutives sont remplies par la matière du Champignon. Au milieu d'une substance muqueuse, gélatineuse, incolore, on a reconnu des filaments analogues à ceux du mycélium des autres Champignons entophytes, mais pénétrant dans l'intérieur des cellules mêmes du parenchyme et y déterminant la formation des spores, qui, s'accumulant en grand nombre dans ces cellules et dans les méats intercellulaires, amènent la destruction de ces tissus.

Les spores ont un tégument noir, assez épais relativement à leur extrême ténuité, souvent papilleux ou aréolé. La germination de ces spores observée sur plusieurs espèces par M. Tulasne les rattacherait du reste aux spores parfaites des Pucciniées plutôt qu'à celles des Uredo, car le germe qui sort du tégument noir et papilleux des spores ne forme qu'un court *promycelium* articulé donnant naissance à quatre ou cinq sporidies. Le Champignon de la *Carie* a été longtemps confondu avec celui du Charbon dans le genre *Ustilago*. M. Tulasne en a formé un genre distinct sous le nom de *Tilletia*. Il croît à l'intérieur de l'ovaire dans le Froment et dans quelques autres Graminées. A l'époque de la maturité de l'entophyte, l'ovaire carié du Blé offre à peu près le volume et la forme d'un grain sain, mais il présente quatre sillons, tandis que le grain sain n'en a qu'un. Généralement le grain malade n'offre aucun rudiment d'ovule, de périsperme ou d'embryon. Sa membrane est mince et fragile, ses stigmates sont très-courts et à peine ramifiés. Les étamines sont atrophiées. Parvenu à sa maturité, le Champignon de la Carie ou le *Tilletia Caries* consiste en une masse pulvérulente d'un noir brunâtre qui occupe toute la cavité de l'ovaire.

On ne trouve point à cette époque de filaments mêlés à la poussière des spores. Celles-ci sont sphériques et munies d'un tégument externe réticulé. Dans leur jeunesse, elles se rattachaient en grand nombre par des pédicelles très-courts à des sortes de troncs ou rameaux communs ténus, incolores et fragiles, qui se résorbent au fur et à mesure de la maturité des spores qu'ils engendrent et qu'on doit considérer comme un mycélium peu développé. Quand la spore germe, son tégument externe se brise irrégulièrement, l'endospore s'allonge sous la forme d'un tube épais et flexueux plus ou moins long. Lorsqu'il est long, sa cavité se partage en cellules distinctes par des diaphragmes transversaux et il paraît stérile; lorsqu'il est court, au contraire, il se couronne d'une gerbe de sporidies généralement au nombre de huit ou de dix. Ce sont des corps linéaires très-grêles habituellement réunis deux à deux dans leur partie inférieure par une bride rigide et très-courte.

Après avoir mûri leur bouquet de sporidies, les germes ne tardent pas à se détruire. Les couples reproducteurs s'isolent les uns des autres; quelques-uns germent bientôt et émettent, surtout vers leur sommet, des fils très-ténus qui se ramifient promptement. D'autres en plus grand nombre produisent des sporidies secondaires épaisses, oblongues, fortement arquées et portées chacune sur un pédicelle conique plus ou moins allongé. Ces nouvelles sporidies semblent devoir être les agents les plus importants de la multiplication de l'entophyte. M. Kühn a observé le mode de pénétration de leur germe dans l'ovaire du Froment.

Avant de conclure ce tableau très-abrégé des connaissances acquises depuis quelques années sur ce vaste groupe des Champignons, il me reste à dire quelques mots d'une petite famille très-naturelle en elle-même, mais dont les rapports avec les autres êtres sont très-obscurs, et le sont surtout devenus par suite des découvertes récentes dont ses divers membres ont été l'objet. Je veux parler du groupe des Trichiacées, désigné par beaucoup de naturalistes sous le nom de Myxomycètes, de Myxogastres et même de Mycetozoaires. Jusque dans ces derniers temps, tous les botanistes les avaient classés sans hésiter parmi les Champignons, et la plupart ne les considérait même que comme une tribu des Lycoperdacées. Leur mode de développement et de production des spores les éloigne évidemment de cette famille et à bien des égards de tous les Champignons. Il a fait penser à quelques-uns des savants qui en ont fait l'étude la plus approfondie qu'ils se rattachaient au règne animal, et ils ont par cette raison été désignés par M. de Bary sous le nom de *Mycetozoaires*. Nous allons signaler en quelques mots les causes de ces doutes qui ne nous empêchent pas de considérer les Trichiacées comme plus analogues aux Champignons qu'à aucun autre groupe de la nature.

Les Trichiacées sont le plus souvent de petits Champignons gros comme une tête d'épingle dont les genres *Trichia*, *Stemonites*, *Physarum*, etc., peuvent donner un exemple; quelques-uns acquièrent un plus grand volume, tels sont les *Spumaria*, *Lycogala*, *Æthalium*. Ils se montrent d'abord sous la forme d'une masse muqueuse comme une gelée, molle et laiteuse,

blanche ou colorée, dans laquelle on ne constate rien de la structure cellulaire ou filamenteuse des Champignons; aucun mycélium ne s'étend autour de cette sorte de stroma muqueux, et l'absence d'un mycélium bien constaté pendant toutes les phases du développement de ces végétaux est un des caractères qui les éloigne le plus du groupe des Champignons. Cette masse muqueuse souvent irrégulière qui s'est étendue sur les corps sous-jacents sans les pénétrer et même sans leur adhérer sensiblement, se dessèche en partie, s'accroît et se développe sur d'autres points pour prendre la forme définitive du Champignon. Dans ses parties desséchées, elle laisse des traces comme du blanc d'œuf ou du mucus desséché formant une couche mince sur les corps qu'elle recouvrait. Sur d'autres points, elle forme des protubérances souvent nombreuses et régulières, d'autres fois plus étendues et irrégulières; la surface acquiert une certaine solidité, devient souvent comme un vernis crustacé qui forme un péridium sessile ou pédicellé dont l'intérieur est le plus souvent parcouru par un fin réseau de fibrilles imitant le capillitium des Lycopodiacées, quoiqu'ayant une toute autre origine; dans l'intérieur de ce péridium, entre ces fibrilles lorsqu'elles existent, une quantité innombrable de spores se sont formées par l'organisation de la substance muqueuse qui formait primitivement le Champignon, sans qu'on ait jamais aperçu de traces de sporanges, de baside, ni de tissu cellulaire. Ces spores sont d'une uniformité parfaite dans chaque espèce; elles sont ordinairement noires ou brunes, sphériques ou ovoïdes, souvent papilleuses à leur surface et se répandent comme une poussière des plus fines après la rupture et la destruction du péridium.

Mais, d'après M. de Barry, qui en a suivi le développement, l'évolution postérieure de ces spores n'a aucune analogie avec celle des spores des Champignons; il en sort directement un petit corps muqueux de forme très-variable, se prolongeant en cils, comme les zoospores, se contractant et offrant alors un mouvement de reptation analogue à celui des petits animaux désignés sous le nom d'Amibes; les cils disparaissent bientôt, le corps s'accroît en une masse muqueuse de plus en plus étendue, irrégulière, que ce naturaliste désigne sous le nom de *Plasmodium*. Cette succession de phénomènes, qu'il faut suivre dans l'important ouvrage de M. de Barry, conduisent le savant botaniste à exclure ces êtres du règne végétal et, sous le nom de *Mycetozoen*, à les rattacher aux animaux les plus inférieurs. Il est peut-être bien hardi de s'écarter de l'opinion d'un si excellent observateur, mais si quelques points de leur organisation rapprochent ces êtres de certains animaux, d'autres points les en éloignent extrêmement; la considération des mouvements a perdu tellement de sa valeur depuis l'observation des zoospores et des anthérozoïdes, que tout en reconnaissant l'immense intervalle qui sépare ces êtres des Champignons, auxquels on les avait associés, on peut hésiter à les exclure du règne végétal.

Si, faisant abstraction de ces derniers êtres ambigus, nous cherchons maintenant à résumer ces leçons sur l'ensemble du vaste groupe de végétaux qui constituent les Champignons, nous voyons qu'à côté des caractères communs résultant du développement du mycélium et de cette absence de la chlorophylle qui suppose un mode de nutrition différent de celui des autres plantes, nous trouvons dans les Champignons les modes les plus variés dans la formation des corps reproducteurs et les phénomènes les plus singuliers de propagation; tels sont:

1° L'existence d'une formation exosporée ou endosporée des corps reproducteurs dans des familles différentes de la classe des Champignons.

2° La formation sur la même plante de plusieurs sortes d'organes reproducteurs, les uns exosporés, les autres endosporés, se produisant successivement dans les diverses périodes du développement de la plante et lui donnant des caractères assez divers pour l'avoir fait classer dans les groupes les plus différents.

3° Le développement dans quelques genres de zoospores comme dans les Algues.

4° La conjugaison dans quelques Mucédinées d'organes similaires pour la formation des spores comme dans les Conferves conjuguées.

5° La copulation d'organes dissemblables indiquant une reproduction sexuelle dans quelques familles.

6° Les formes très-diverses de la même plante dans sa reproduction successive constituant des générations alternantes, tantôt avec parasitisme sur le même végétal, tantôt avec parasitisme successif sur des végétaux différents.

L'étude de ces divers phénomènes de reproduction nous montre une fois de plus combien l'examen approfondi des êtres en apparence les plus simples, et que nous plaçons aux derniers rangs de la création, offre d'intérêt pour la solution des questions les plus élevées de la philosophie naturelle. Ainsi nous pouvons déduire de ces recherches:

1° L'évidence de la production par germes de ces Champignons parasites sur les végétaux vivants qu'on avait voulu attribuer à la transformation d'un protoplasma sécrété par la plante qui les nourrit et considérer comme des exanthèmes de ces végétaux. Par là on supprime un des arguments sur lesquels s'appuyaient les partisans de la génération spontanée.

2° L'existence d'exemples déjà assez nombreux du concours de deux ordres d'organes pour la formation de certains corps reproducteurs des Champignons, pour qu'on puisse prévoir que la découverte d'une reproduction sexuelle s'étendra peu à peu à tous les Champignons et les fera rentrer comme la plupart des autres Cryptogames dans cette loi générale de la génération sexuelle.

3° La constatation dans les végétaux parasites entophytes de phénomènes analogues à ceux que les zoologistes ont découverts dans les vers intestinaux, qu'on peut appeler des animaux entozoïques, c'est-à-dire une alternance d'organisations essentiellement différentes dans les générations successives d'un même être, avec retour au type primitif après un certain cycle de transformation.

Les travaux faits dans ces dernières années sur ce vaste groupe des Champignons tendent ainsi à étendre et à généraliser plusieurs des résultats les plus importants de la physiologie générale, sans parler des conséquences qui peuvent s'en déduire pour combattre les épidémies que ces petits végétaux causent, soit chez les autres végétaux, soit chez les animaux eux-mêmes.

Rédigé sous la direction de M. Ad. Brongniart,

par Arthur Gris, aide-naturaliste de la chaire de botanique.

FIN DU COURS.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE NUMÉRO 48 30 OCTOBRE 1869

Paris, 29 octobre 1869.

De toutes les manifestations de l'esprit humain, ce sont maintenant les sciences qui excitent partout la curiosité la plus universelle, et, depuis quelques années, quand on parle de sciences la pensée se reporte aussitôt vers l'Allemagne, qui semble bien avoir dérobé à la France le sceptre que celle-ci possédait encore sans conteste en 1830. Cependant nos grands hommes de science valent au moins, s'ils ne dépassent pas ceux de l'Allemagne; mais, derrière ces brillants généraux, il n'y a pas d'armée. Ce sont les universités qui ont fondé la grandeur scientifique de l'Allemagne, et ce qui fait aujourd'hui notre faiblesse relative, c'est une organisation scientifique souvent vicieuse, toujours insuffisante, que l'indifférence des pouvoirs publics, excusée par la légèreté de l'opinion, prive des moyens matériels de progrès et des réformes les plus indispensables. Aussi est-il bon de parler sans cesse et partout au public des universités allemandes pour saisir enfin l'opinion d'une manière sérieuse et former un courant irrésistible. C'est à ce titre surtout que nous appelons l'attention sur l'article que M. Georges Pouchet vient de publier dans la *Revue des deux mondes*.

Les universités allemandes sont de petites républiques tout à fait indépendantes du gouvernement tant que les questions pécuniaires n'interviennent pas. Elles élisent elles-mêmes leurs recteurs et les doyens des quatre facultés, ainsi que le sénat de l'université, composé du recteur, de son prédécesseur, des quatre doyens et de six professeurs choisis par leurs collègues en assemblée générale. Ce sénat représente l'Université, parle en son nom, la défend au besoin contre le pouvoir qui, du reste, ne s'avise pas de regarder les professeurs comme des fonctionnaires tenus à la moindre condescendance à son égard. M. de Bismark lui-même ne s'est jamais étonné de voir un des membres de l'Université de Berlin, M. Virchow, à la tête du parti le plus hostile au gouvernement; et, à la suite de l'annexion du Hanovre à la Prusse en 1866, un professeur de Gœttingue a pu entrer en lutte ouverte avec le nouveau gouvernement imposé à son pays sans que personne ait songé un seul instant à lui demander sa démission.

Une fois pourtant le ministère prussien essaya de parler en supérieur; mais il n'eut pas à s'en louer. C'était en 1862 : la chambre des députés de Prusse venait d'être dissoute, et il s'agissait d'obtenir une majorité anti-libérale aux nouvelles élections. On demanda l'appui de tous les corps constitués, et l'Université de Berlin reçut, le 22 mars, une circulaire, très-modérée du reste, écrite dans ce sens. L'Université tout entière fut en émoi : elle considérait sa dignité comme atteinte, et l'émotion gagna bientôt le public, tant la chose semblait inouïe. Voici quelle fut la réponse du sénat de l'Université (7 avril) :

> Il n'entre pas dans nos attributions d'examiner la circulaire du ministre de l'intérieur en tant que s'adressant aux fonctionnaires de son ressort ; il nous appartient encore moins de soulever la question de savoir jusqu'à quel point les employés d'une administration peuvent être liés par un ordre de leur chef dans l'exercice d'un droit politique commun, et jusqu'à quel point une telle pression doit être regardée comme opportune dans les élections qui se préparent. Nous voulons nous en tenir simplement au maintien des droits constitutifs de la corporation universitaire, dont la défense nous est confiée, et à l'indépendance personnelle de chacun de ses membres. Aussi notre droit et notre devoir sont-ils de déclarer ici que nous ne pouvons tenir Son Exc. le ministre des cultes pour fondé à gêner en aucune façon les membres du corps académique dans l'exercice d'un vote politique, comme Son Exc. le ministre de l'intérieur l'a fait relativement aux employés de son ressort.

Les autres universités, notamment celles de Bonn et de Breslau, répondirent avec la même fermeté.

Toutes les universités allemandes ont des revenus propres plus ou moins considérables provenant de fondations. Quelquefois ces revenus suffisent entièrement aux dépenses. Tel est le cas de la petite université prussienne de Greifswald, qui a près de 300 000 francs de revenus. A Fribourg, la principale ressource de l'Université est une dotation municipale. Mais dans la plupart des cas les universités reçoivent de l'État, pour augmenter leurs revenus propres, un subside, considérable en lui-même, et plus encore si on le compare à l'importance matérielle des pays qui le donnent. Ainsi, aux 450 000 francs de rentes de l'Université de Leipsick, le royaume de Saxe, grand comme trois départements français, ajoute 200 000 francs par an. A Berlin, l'Université n'a que 72 thalers de revenus ; mais l'État lui donne 700 000 francs. Ces chiffres représentent seulement le budget ordinaire. Toutes les fois qu'il faut construire un laboratoire, créer ou enrichir des collections, exécuter des expériences coûteuses, les chambres votent un crédit spécial. C'est ainsi que la Prusse a dépensé 3 millions pour les laboratoires de chimie de Berlin et de Bonn. Le royaume de Hanovre, qui est à peine aussi peuplé que tel de nos départements, a donné 400 000 francs pour le laboratoire de Gœttingue, et un plus petit pays encore, le duché de Bade, a su trouver la même somme pour le *Natur-Palatz* de Heidelberg, un nom un peu ambitieux, mais qui montre la haute idée que les Allemands se font de la science et le respect qu'ils professent pour ses adeptes. A Berlin, le palais de l'Université est bien plus majestueux que l'édifice habité en face par le roi.

Voilà déjà pour la science des revenus qui peuvent paraître fort beaux. Cependant, il faut encore y ajouter toutes les rétributions des étudiants, qui sont fort considérables, et qui

mon désappointement, quand je suivis la marche de ce puissant *fils de la terre* dans son œuvre de reconstruction. Sans doute, *Dieu* disparut; mais le *nouveau grand Etre suprême*, un gigantesque fétiche tout fraîchement fabriqué de la propre main de M. Comte, régnait à sa place. Je n'entendais plus parler des rois; mais, à leur place, je rencontrais une organisation sociale fixée jusque dans ses détails, et qui, si jamais on la mettait en pratique, donnerait naissance à un despotisme tel que jamais sultan n'en posséda de pareil, que jamais le puritanisme presbytérien, dans ses jours de triomphe, n'en put espérer de plus complet. Quant au *culte systématique de l'humanité*, je ne pouvais, dans mon aveuglement, le distinguer d'un pur papisme, avec M. Comte dans la chaire de saint Pierre et les noms de la plupart des saints changés. Pour citer encore Faust, je me surprenais à dire avec Marguerite :

« Ungefähr sagt das der Pfarrer auch,
Nur mit ein bischen andern Worten (1). »

Telle fut, à tort ou à raison, l'impression que, durant toutes ces années, l'étude des ouvrages de M. Comte produisit sur moi; toutefois il s'y joignit cette conviction,—je lui serai toujours reconnaissant de l'avoir éveillée en moi,—que l'organisation de la société sur une base nouvelle et purement scientifique n'est pas seulement une entreprise pratique, mais qu'elle est encore le seul objet politique qui mérite vraiment nos efforts et nos luttes.

Ainsi que je l'ai dit, cette partie des écrits de M. Comte où il traite de la philosophie de la science physique me parut n'avoir qu'une valeur singulièrement faible; elle montrait, selon moi, qu'il ne possédait qu'une connaissance de seconde main, et tout à fait superficielle, de la plupart des branches de ce qu'on désigne communément sous le nom de science. Je ne veux pas seulement dire par là que M. Comte est en retard sur notre science actuelle, ou qu'il était peu familiarisé avec les détails de la science de son époque. On n'aurait pas le droit, sur de pareils griefs, d'adresser des reproches à un écrivain philosophique de la dernière génération. Ce qui me frappa, ce fut son impuissance à saisir les grands traits de la science, ses étranges méprises dans les jugements qu'il portait sur le mérite des savants ses contemporains, ses idées ridiculement fausses sur le rôle que certaines doctrines scientifiques, en vogue de son temps, étaient destinées à jouer dans l'avenir. Telles étaient mes impressions. Je n'étonnerai donc personne en avançant que, depuis seize ans, ç'a été pour moi une cause d'irritation continuelle de voir proclamer M. Comte comme un représentant de la pensée scientifique, et d'observer que des écrivains dont la philosophie était originale, ou procédait directement de celle de Hume, se voyaient, en dépit de leurs protestations énergiques, classés, dans mainte publication, sous le nom de *comtistes* ou de *positivistes*. Il en a coûté bien des efforts à M. J. Stuart Mill pour se débarrasser de cette qualification, et je vois, avec tout l'intérêt qu'on prend à un honnête homme luttant contre l'adversité, M. Herbert Spencer travailler encore à se laver de cette tache, prêt à enlever l'épiderme même plutôt que de la laisser s'y imprimer. Mon tour viendra peut-être bientôt, et voilà pourquoi, lorsqu'un éminent prélat fortifiait encore de son autorité, il y a quelques jours, cette erreur du public, j'ai saisi l'occasion de revendiquer les titres de Hume à la paternité de ce qu'on appelle la *Philosophie nouvelle*, et de désavouer en même temps le comtisme pour ma part (1).

Les quelques lignes consacrées au comtisme dans ma leçon sur la *Base physique de la vie* (2) n'avaient absolument que ce double but. Il semble pourtant qu'elles aient donné plus d'ombrage que je ne m'y attendais aux partisans de M. Comte, bien que j'eusse pour quelques-uns d'entre eux, — qu'il me soit permis de le dire en passant,— le respect le plus sincère. L'article de M. Congrève (3) exprime le mécontentement que j'ai soulevé parmi les membres de la société comtienne; et je me félicite d'être tombé entre les mains de M. Congrève plutôt que dans celles de quelques-uns de ses collègues dont les talents et la vigueur me sont si bien connus que je suis certain qu'ils auraient adopté contre moi quelque système d'attaque moins facile à repousser.

M. Congrève, dans une péroraison qui semble particulièrement destinée à attirer l'attention des lecteurs, me somme avec indignation d'admirer la vie de Comte ; il me défie « de nier qu'elle ait un caractère marqué de grandeur », et il emploie des expressions fort énergiques parce que je ne donne aucune marque de vénération à son idole. Je déclare que je n'ai aucun désir de m'occuper à dénigrer un homme qui, à tout prendre, mérite qu'on parle de lui avec respect. Par conséquent je crois inutile d'exposer les raisons qui me décident à accepter sans hésitation le défi de M. Congrève et pour lesquelles je refuse de reconnaître chez M. Comte rien qui mérite le nom de grandeur de caractère, à moins que ce ne soit son arrogance qui est, sans contredit, sublime. Tout ce que j'ai à dire, c'est que si M. Congrève a raison de signaler une nuance de mépris dans le ton avec lequel je parle de son père spirituel, on comprendra ce qui m'inspirait ce ton et ce langage quand on saura le fait sui-

(1) C'est à peu près ce que le curé dit aussi,
Mais avec des mots tant soit peu différents.
(Trad. Jacques Porchat.)

Marguerite s'adresse à Faust.

(1) Je vois avec plaisir que M. Congrève, dans la critique dont il m'a honoré, n'ose pas contester la justice de ma réclamation en faveur de Hume. Il donne seulement à entendre que j'ai manqué de sincérité en ne parlant pas de la haute opinion que Comte avait de Hume. Après y avoir bien réfléchi, il m'est impossible de reconnaître ma faute. Si j'avais insinué que Comte a fait des emprunts à Hume sans les avouer ; ou si, au lieu d'exprimer ma propre opinion sur le mérite de Hume avec la modestie qui convient à un écrivain dont l'autorité en matière de philosophie est nulle, j'avais affirmé que personne n'a su bien apprécier Hume, les remarques de M. Congrève seraient de mise. Mais comme je ne suis tombé ni dans l'une ni dans l'autre de ces fautes, ces remarques me paraissent déplacées, sinon injustifiables. S'il m'était arrivé de citer les expressions dont M. Comte se sert à l'endroit de Hume, je n'aurais certes pas fait comme M. Comte lui-même, qui, de son propre aveu, s'exprime quelquefois de la façon la plus catégorique sur des écrivains dont il n'a pas lu une ligne. Ainsi, dans sa *Philosophie positive*, volume VI, page 619, M. Comte dit : « Le plus grand des métaphysiciens modernes, l'illustre Kant, a noblement mérité une éternelle admiration en tentant, le premier, d'échapper directement à l'absolu philosophique par sa célèbre conception de la double réalité, à la fois objective et subjective, qui indique un si juste sentiment de la saine philosophie. » Mais dans le même volume, dans la « *Préface personnelle*, » page 35, M. Comte nous dit : — « Je n'ai jamais lu, en aucune langue, ni Vico, *ni Kant*, ni Herder, ni Hegel, etc.; je ne connais leurs divers ouvrages que d'après quelques relations indirectes et certains extraits fort insuffisants. »

Qui sait si Hume lui-même n'est pas compris dans cet « *etc.?* » Et dans ce cas, quelle valeur auraient les éloges que Comte lui décerne?

(2) Voyez cette leçon dans notre numéro du 17 juillet dernier, ci-dessus page 514.

(3) Voyez ci-dessus page 706, 9 octobre 1869.

vant. Au moment où j'écrivais, je venais de lire un ouvrage assurément bien connu de M. Congrève, *Auguste Comte et la philosophie positive*, par M. Littré. Quoiqu'il y ait des règles assez bien fixées pour juger de ce qui est juste et de ce qui ne l'est pas, et même pour distinguer la générosité d'avec la bassesse, on peut dire que juger de la beauté ou de la grandeur d'une existence est plus ou moins une affaire de goût. Or les idées de M. Congrève sur le mérite littéraire sont si différentes des miennes que nous pourrions bien être dans le même désaccord sur la beauté et la laideur morales. Aussi, tout en conservant mes propres idées, n'aurai-je pas la présomption d'attaquer les siennes. Mais quand M. Congrève s'efforce longuement, laborieusement d'insinuer et de faire croire au public que j'ai eu assez de mauvaise foi pour critiquer M. Comte sans le lire, j'ai le droit, il me semble, de lui rappeler la maxime bien connue d'un sage diplomate : « Si vous voulez faire du tort à un homme, vous devez, dans le mal que vous dites de lui, chercher la vraisemblance autant que la vérité. »

I. — Le positivisme est un catholicisme sans christianisme.

Quand M. Congrève prétend que j'ai pris un avantage sur lui en introduisant le *christianisme* dans cette phrase : « La philosophie d'Auguste Comte me paraît pouvoir se définir pratiquement un catholicisme sans christianisme »; quand il donne à entendre par là que j'ai tenté de faire appel, dans ce passage, à l'*odium theologicum*, non-seulement il est aussi blessant qu'il désire l'être, mais il est aussi imprudent que je puis le souhaiter en s'exposant lui-même à une réplique fort désagréable.

Que serait-ce, en effet, si je disais que M. Congrève n'a pas lu les ouvrages de M. Comte et que cette phrase : « Cependant les expressions suivantes montrent que les yeux de l'écrivain se portent, quoique superficiellement, sur l'ensemble des ouvrages de M. Comte : cela résulte évidemment de cette mention du catholicisme » (1), prouve que M. Congrève n'a aucune connaissance de la *Philosophie positive?* Une telle insinuation serait, à mon avis, très-injuste et fort inconvenante. Aussi ne me la permettrai-je pas. Mais le fait, c'est que cette petite épigramme, que M. Congrève me reproche et qui l'a si fort irrité, est tout simplement, en substance, le résumé du passage suivant qu'on trouvera page 344 du cinquième volume de la *Philosophie positive* (2) :

« La seule solution possible de ce grand problème historique, qui n'a jamais pu être philosophiquement posé jusqu'ici, consiste à concevoir, en sens radicalement inverse des notions habituelles, *que ce qui devait nécessairement périr ainsi, dans le catholicisme, c'était la doctrine et non l'organisation* qui n'a été passagèrement ruinée que par suite de son inévitable adhérence élémentaire à la philosophie théologique, destinée à succomber graduellement sous l'irrésistible émancipation de la raison humaine ; *tandis qu'une telle constitution, convenablement reconstruite sur des bases intellectuelles à la fois plus étendues et plus stables, devra finalement présider à l'indispensable réorganisation spirituelle des sociétés modernes, sauf les différences essentielles spontanément correspondantes à l'extrême diversité des doctrines fondamentales ;* à moins de supposer, ce qui serait certainement contradictoire à l'ensemble des lois de notre nature, que les immenses efforts de tant de grands hommes, secondés par la persévérante sollicitude des nations civilisées, dans la fondation séculaire de ce chef-d'œuvre politique de la sagesse humaine, doivent être enfin irrévocablement perdus pour l'élite de l'humanité sauf les résultats, capitaux mais provisoires, qui s'y rapportaient immédiatement. Cette explication générale, déjà évidemment motivée par la suite des considérations propres à ce chapitre, sera de plus en plus confirmée par tout le reste de notre opération historique, *dont elle constituera spontanément la principale conclusion politique.* »

On ne saurait être plus clair. L'idéal de M. Comte, tel qu'il l'expose lui-même, est l'organisation catholique sans la doctrine catholique; en d'autres termes, c'est le catholicisme sans le christianisme. N'y a-t-il pas quelque impertinence à me prêter des motifs peu honorables quand je définis les doctrines d'un homme en me tenant aussi près que possible de ses propres paroles?

Je n'intéresserais guère mes lecteurs si je suivais plus loin M. Congrève. D'ailleurs, puisqu'il n'a pas entendu mes cours scientifiques, les réflexions qu'il fait relativement à ce que j'omettrais d'enseigner reposent sur une base peu solide. Je ne me sens pas obligé non plus à exprimer une opinion sur les mérites ou les fautes de M. Comte pour ce qui regarde la sociologie. M. Stuart Mill, dont la compétence en ces matières ne sera, je pense, mise en doute par personne, pas même par M. Congrève, a traité de la philosophie de M. Comte en se plaçant à ce point de vue : il l'a fait avec une vigueur et une autorité auxquelles je ne saurais un seul instant prétendre, avec une sévérité quelquefois portée jusqu'au mépris, que je n'ai pas le désir de surpasser quand même j'en aurais le pouvoir. Pour moi, comme un simple étudiant en de telles questions, je m'en tiens au jugement de M. Stuart Mill tant qu'on n'aura pas montré de raisons de le réviser, et je refuse d'entrer dans une discussion que je n'ai pas provoquée.

La seule obligation qui me soit imposée, c'est de justifier ce qui reste encore sans justification dans ce que j'ai écrit sur le positivisme, je veux dire l'opinion exprimée dans le paragraphe que voici :

« Autant que j'ai pu le conclure de mes études sur les traits caractéristiques de la philosophie positive, je n'y ai trouvé que peu de choses, je pourrais dire rien de quelque valeur scientifique, et en revanche bien des particularités tout aussi contraires à l'essence même de la science que tout ce qu'il y a de plus antiscientifique dans le catholicisme ultramontain. En somme, la philosophie d'Auguste Comte me paraît pouvoir se définir pratiquement un catholicisme sans christianisme. »

Il y a là deux propositions : la première, c'est que la *Philosophie positive* ne renferme que peu de chose ou rien de quelque valeur scientifique ; la seconde, c'est que l'esprit du comtisme est antiscientifique. Je vais essayer de les rendre toutes deux bien évidentes.

II. — La loi des trois états des sciences.

Tout lecteur qui possédera une connaissance même superficielle de la physique, reconnaîtra certainement, en lisant les *Leçons* de Comte, qu'il était à la fois singulièrement dépourvu de savoir en pareille matière et singulièrement malheureux. Que doit-on penser de ce contemporain de Young et de Fresnel qui jamais ne manque une occasion de traiter avec mépris l'hypothèse d'un éther, base non-seulement de la théorie ondulatoire de la lumière, mais de tant d'autres théories de la physique moderne? Que dire d'un homme dont le mépris pour quelques-uns des esprits les plus puissants de sa génération est tel qu'il met en avant le simple fait de l'existence de la nuit comme une réfutation de la

(1) Article de M. Congrève, pages 707, 708.

(2) Ici comme ailleurs, mes citations se rapportent à la seconde édition de Littré.

ie des ondulations ? (1) Quelle haute idée il nous donne
propre valeur comme critique scientifique, quand il nous
nd que la phrénologie est une grande science et la psy-
gie une chimère ; que Gall fut un des grands hommes
n époque, et que Cuvier était « brillant mais superfi-
? (2) Combien il jouait de malheur, ce hardi penseur
ustement à l'aurore de l'histologie moderne (laquelle est
ement l'application du microscope à l'anatomie), blâme
'il appelle « *l'abus des investigations microscopiques* » et
rédit exagéré » dont elles jouissent ; qui, au moment où
é morphologique des tissus de la grande majorité des
s et des animaux allait être démontrée, raillait ceux qui
nt de rattacher tous les tissus à un « tissu générateur »
par « le chimérique et inintelligible assemblage d'une
de monades organiques, qui seraient dès lors les vrais
nts primordiaux de tout corps vivant » (3) ; qui nous
fin que toutes les objections contre un classement li-
des espèces des êtres vivants sont essentiellement ab-
, que l'ordre de la série animale est « nécessairement
re » (4), quand la proposition exactement contraire est
es vérités les plus importantes et les mieux établies de
logie. Interrogez les mathématiciens, les astronomes,
ysiciens (5), les chimistes, les biologistes sur la philoso-
positive, et aussitôt, d'un accord unanime, ils déclarent
ue, quels que soient les autres mérites de M. Comte, il
té aucune lumière sur la philosophie de leurs études
ulières.
onnaissons toutefois, pour être justes, que les plus ar-
disciples de M. Comte gardent un silence judicieux sur
nnaissances scientifiques et ses appréciations des sciences ;
nent mieux fonder les titres de leur maître à l'autorité
ifique sur sa « loi des trois états » et sur sa « classifica-
les sciences ». Mais ici encore je suis obligé de me sépa-
eux aussi complétement que d'autres, et notamment
erbert Spencer, l'ont fait avant moi.
examen critique de ce que M. Comte a dit sur la « loi
ois états » ne nous révèle rien qu'une série d'affirmations
ou moins contradictoires d'une vérité imparfaitement
; et sa « classification des sciences », qu'on l'envisage
int de vue de l'histoire ou de la logique, est, selon moi,
ument dénuée de valeur.
miuons en effet la « loi des trois états », telle qu'elle est
cée au début de la première leçon de la « *Philosophie
ve* » :

n étudiant ainsi le développement total de l'intelligence humaine
es diverses sphères d'activité, depuis son premier essor le plus
jusqu'à nos jours, je crois avoir découvert une grande loi fonda-
le, à laquelle il est assujetti par une nécessité invariable, et qui
mble pouvoir être solidement établie, soit sur les preuves ration-
fournies par la connaissance de notre organisation, soit sur les
ations historiques résultant d'un examen attentif du passé. Cette
nsiste en ce que chacune de nos conceptions principales, chaque branche de nos connaissances, passe successivement par trois états théoriques différents : l'état théologique, ou fictif ; l'état métaphysique, ou abstrait ; l'état scientifique, ou positif. En d'autres termes, l'esprit humain, par sa nature, emploie successivement dans chacune de ses recherches trois méthodes de philosopher, dont *le caractère est essentiellement différent et même radicalement* opposé ; d'abord la méthode théologique, ensuite la méthode métaphysique, et enfin la méthode positive. De là, trois sortes de philosophie, ou de systèmes généraux de conceptions sur l'ensemble des phénomènes *qui s'excluent mutuellement* : la première est le point de départ nécessaire de l'intelligence humaine ; la troisième, son état fixe et définitif ; la seconde est uniquement destinée à servir de transition (1). »

Il n'y a rien de plus précis que cet exposé, qui peut être résumé dans les propositions suivantes :

a. L'intelligence humaine est soumise à la loi par une nécessité invariable qu'on peut démontrer *à priori* en s'appuyant sur la nature et la constitution de l'intelligence ; d'un autre côté, si l'on consulte l'histoire, l'intelligence est toujours restée soumise à la loi.

b. Toute branche de la science humaine passe par les trois états en commençant nécessairement par le premier.

c. Les trois états s'excluent mutuellement, étant essentiellement différents et même radicalement opposés.

Deux questions se présentent. M. Comte est-il d'accord avec lui-même en avançant ces assertions ? Est-il d'accord avec les faits ? A ces questions je réponds négativement ; et au sujet de la première je citerai à l'appui de ma réponse un passage remarquable qui se trouve dans le quatrième volume de la « *Philosophie positive* », p. 491.

Il a été écrit à une époque où M. Comte avait eu le temps de mûrir un peu les idées exposées avec quelque précipitation dans le premier volume :

« A proprement parler, la philosophie théologique, même dans notre première enfance, individuelle ou sociale, n'a jamais pu être rigoureusement universelle, c'est-à-dire que, pour les ordres quelconques de phénomènes, *les faits les plus simples et les plus communs ont toujours été regardés comme essentiellement assujettis à des lois naturelles, au lieu d'être attribués à l'arbitraire volonté des agents surnaturels.* L'illustre Adam Smith a, par exemple, très-heureusement remarqué dans ses essais philosophiques, qu'on ne trouvait, en aucun temps ni en aucun pays, un dieu pour la pesanteur. *Il en est ainsi, en général, même à l'égard des sujets les plus compliqués, envers tous les phénomènes assez élémentaires et assez familiers pour que la parfaite invariabilité de leurs relations effectives ait toujours dû frapper spontanément l'observateur le moins préparé.* Dans l'ordre moral et social, qu'une vaine opposition voudrait aujourd'hui systématiquement interdire à la philosophie positive, il y a eu nécessairement, en tout temps, la pensée des lois naturelles, relativement aux plus simples phénomènes de la vie journalière, comme l'exige évidemment la conduite générale de notre existence réelle, individuelle ou sociale, qui n'aurait pu jamais comporter aucune prévoyance quelconque, si tous les phénomènes humains avaient été rigoureusement attribués à des agents surnaturels, puisque dès lors la prière aurait logiquement constitué la seule ressource imaginable pour influer sur le cours habituel des actions humaines. *On doit même remarquer, à ce sujet, que c'est au contraire l'ébauche spontanée des premières lois naturelles propres aux actes individuels ou sociaux qui, fictivement transportée à tous les phénomènes du monde extérieur, a d'abord fourni, d'après nos explications précédentes, le vrai principe fondamental de la philosophie théologique. Ainsi, le germe élémentaire de la philosophie positive est certainement tout aussi primitif au fond que celui de la philosophie théologique elle-même, quoi qu'il n'ait pu se développer que beaucoup plus tard.* Une telle notion importe extrêmement à la parfaite rationalité de notre théorie sociologique, puisque la vie humaine ne pouvant jamais offrir aucune véritable création quelconque, mais toujours une simple évolution graduelle, l'essor final de l'esprit positif deviendrait scientifiquement incompréhensible, si, dès l'origine, on n'en concevait, à tous égards, les premiers rudiments nécessaires. Depuis cette situation primitive, à mesure que nos observations se sont spontanément étendues et généralisées, ce

Philosophie positive, II, page 440.
« Le brillant mais superficiel Cuvier. » — *Philosophie positive*,
ge 383.
Philosophie positive, III, page 369.
Ibid., page 387.
Écoutez feu le docteur Whewell, qui déclare que, relativement à
les sciences modernes, sauf l'astronomie, Comte n'est qu'un es-
perficiel avec de grandes prétentions, et qui nous dit que ses pré-
ns à des découvertes sont, ainsi que l'a montré sir John Herschel,
lement fausses. » — « Comte et positivisme. » *Macmillan's ma-
e*, mars 1866.

(1) *Phil. positive*, I, pages 8, 9.

essor, d'abord à peine appréciable, a constamment suivi, sans cesser longtemps d'être subalterne, une progression très-lente, mais continue, la philosophie théologique restant toujours réservée pour les phénomènes, de moins en moins nombreux, dont les lois naturelles ne pouvaient encore être aucunement connus.

Comparez les propositions implicitement exposées ici avec celles que contenait le premier volume. — *a*. En réalité la science humaine n'a pas été soumise invariablement à la loi des trois états, et par conséquent la nécessité de la loi ne peut être démontrable *à priori*. — *b*. Une grande partie de notre savoir en tout genre n'a pas passé par les trois états, et plus particulièrement, ainsi que M. Comte a soin de nous le dire, par le premier.—*c*. L'état positif a plus ou moins coexisté avec l'état théologique depuis les premiers pas de l'intelligence humaine. Pour compléter la série des contradictions, cette assertion, que les trois états sont « essentiellement différents et même radicalement opposés », se heurte un peu plus bas, dans la même page, contre cette déclaration : « au fond l'état métaphysique n'est pas autre chose qu'une simple modification générale du premier ». Enfin dans la quarantième leçon, comme dans l'intéressant essai primitif intitulé, « Considérations philosophiques sur les sciences et les savants (1825) », les trois états sont dans la pratique réduits à deux. « Le véritable esprit général de toute philosophie théologique ou métaphysique consiste à prendre pour principe, dans l'explication des phénomènes du monde extérieur, notre sentiment immédiat des phénomènes humains ; tandis que, au contraire, la philosophie positive est toujours caractérisée, non moins profondément, par la subordination nécessaire et rationnelle de la conception de l'homme à celle du monde ».

Je laisse aux disciples de M. Comte le soin de dégager du milieu de ces assertions contradictoires la véritable pensée de leur maître. Je demande seulement la permission de faire remarquer, que les hommes de science n'ont pas l'habitude d'accorder beaucoup d'attention à des « lois » établies de cette façon.

Les idées de M. Comte telles qu'il les exprime en second lieu sont assurément bien plus rationnelles et plus conformes à la réalité qu'elles ne l'étaient d'abord : mais je ne puis croire qu'elles expliquent d'une façon juste ou complète le mode de développement de l'intelligence soit dans les individus, soit dans l'espèce humaine en général.

Quiconque en effet observera avec attention dans son développement l'intelligence d'un enfant, s'apercevra que, dès le principe, son esprit reflète la nature de deux manières différentes. D'un côté il s'abreuve de sensations et construit des associations d'idées, se formant ainsi des choses et de leurs relations des conceptions qui sont plus complétement « positives », c'est-à-dire plus exemptes de toute espèce d'hypothèses qu'elles ne le seront jamais dans la suite de la vie. L'enfant n'a jamais recours à des personnifications imaginaires pour se rendre compte des propriétés ordinaires des objets qui ne sont pas vivants ou qui ne représentent pas des êtres vivants. Il ne va pas imaginer que le goût du sucre est produit par une divinité de la douceur ou qu'un esprit sauteur est cause qu'une balle rebondit. Les phénomènes de ce genre, qui forment la base de la plupart de ses idées, sont reçus par lui comme des choses toutes simples, comme des faits irréductibles qui ne soulèvent aucune difficulté, et n'exigent aucune explication. Relativement à ces phénomènes *communs mais importants*, l'esprit de l'enfant se trouve dans *ce que M. Comte appellerait* l'état « positif ».

Mais parallèlement à cet état intellectuel il s'en produit un autre. L'enfant prend conscience de lui-même comme d'une source d'action, comme d'un sujet de passion et de pensée. Les actes qui succèdent à ses désirs sont au nombre des faits les plus intéressants et les plus frappants dont il est entouré ; de plus ces actes naissent évidemment des affections que causent en lui les objets environnants ou d'autres changements qui s'opèrent en lui-même. Parmi ces objets qui l'entourent, les plus intéressants et les plus importants sont le père, la mère, les frères et sœurs, les bonnes. L'hypothèse que ces créatures merveilleuses sont de même nature que lui entre bientôt et nécessairement dans l'esprit de l'enfant ; et ce premier essai d'anthropomorphisme lui réussit fort bien, car il trouve en toutes circonstances sa supposition justifiée. Il n'est donc pas étonnant qu'il étende ce mode de raisonnement à d'autres objets qui l'intéressent comme les premiers et qui ont avec eux quelques rapports, au chien, au chat, au serin, à la poupée, au jouet, au livre d'images : il suppose que ces êtres ont une volonté, des affections, qu'il sont capables d'être « sages », d'être « méchants ». Mais assurément ce serait un grand abus de langage que d'appeler cela un état « théologique » de l'esprit, soit qu'on prenne le mot « théologie » dans son sens propre, soit qu'on l'oppose aux mots « scientifique » ou « positif ». L'enfant n'adore ni son père ni sa mère, ni le chien ni la poupée. Au contraire il n'est rien de plus curieux que l'absence complète de respect chez un jeune enfant traité avec tendresse, que sa tendance à se regarder comme le centre de l'univers, que sa disposition à exercer une tyrannie despotique sur ceux qui l'écraseraient d'une chiquenaude.

Il est encore moins vrai qu'il y ait quelque chose d'anti-scientifique dans cet anthropomorphisme enfantin. L'enfant remarque qu'une foule de phénomènes sont les conséquences des affections qu'il éprouve ; il a bientôt d'excellentes raisons de croire qu'une foule d'autres phénomènes sont les conséquences des affections qu'éprouvent d'autres êtres plus ou moins semblables à lui. Et quand il croit ainsi, sur de bonnes raisons, qu'un grand nombre des faits les plus intéressants dont il est entouré s'expliquent par cette hypothèse qu'ils sont l'œuvre d'intelligences semblables à la sienne, quand il a découvert la cause vraie de beaucoup de phénomènes, pourquoi s'arrêterait-il dans l'application d'une hypothèse si féconde ? Le chien a une sorte d'intelligence, de même le chat ; pourquoi la poupée et les images n'en auraient-elles pas aussi une quantité proportionnée à la ressemblance qui existe entre elles et les choses intelligentes ?

La seule limite qui arrête l'enfant est exactement celle qui arrêterait le savant ; c'est-à-dire qu'il applique l'interprétation anthropomorphique aux phénomènes seuls qui, par l'ensemble de leurs caractères ou par leur apparente irrégularité, ressemblent à ceux que l'enfant a reconnus comme causés par lui-même ou par des êtres semblables à lui. Tous les autres objets lui paraissent s'expliquer eux-mêmes ou être inexplicables.

C'est seulement à un degré postérieur du développement intellectuel que l'intelligence de l'homme s'éveille à la contradiction apparente de l'aspect anthropomorphique et de ce que je pourrais appeler l'aspect physique (1) de la nature.

(1) Le mot « positif » prête à une foule d'objections. Dans un sens, il désigne cette qualité intellectuelle qui sans doute était largement dé-

Alors elle essaye, ou bien d'appliquer la vue anthropomorphique à la nature entière, — c'est la tendance de la théologie, — ou de donner la même prédominance exclusive à la vue physique, — ce qui est la tendance de la science ; — ou bien encore elle adopte une marche intermédiaire, et, prenant à la vue anthropomorphique sa tendance à la personnification, à la vue scientifique sa tendance à exclure la volonté et le sentiment, elle aboutit à ce que M. Comte appelle l'état « métaphysique » ; — ce mot « métaphysique » étant, dans les écrits de M. Comte, une sorte d'injure générale qu'il applique à tout ce qu'il n'aime pas.

Ce qui est vrai de l'individu l'est aussi, *mutatis mutandis*, du développement intellectuel de l'espèce. Il est absurde de dire des hommes qui se trouvent encore dans la sauvagerie primitive que leurs idées sont toutes dans l'état théologique. Les neuf dixièmes d'entre eux sont éminemment réalistes, et ont autant de « positivisme » qu'en peuvent donner l'ignorance et leur misérable condition. Le sauvage ne songe pas plus que l'enfant à demander le pourquoi des circonstances journalières et répétées qui forment le fond de sa vie intellectuelle. Mais relativement aux événements plus frappants ou plus singuliers qui forcent son esprit à la réflexion il est hautement anthropomorphique, et cet anthropomorphisme, si on le compare à celui de l'enfant, est modifié et compliqué par l'impression profonde que produit et que doit produire sur le sauvage la mort des êtres de son espèce. Il a vu le guerrier plein d'une féroce énergie, le chef despotique de sa tribu peut-être, renversé par un coup inattendu. Un enfant peut insulter impunément l'homme qui était, il n'y a qu'un instant, si terrible ; une mouche repose tranquillement sur ses lèvres d'où sortaient des ordres toujours obéis. Pourtant l'aspect physique de cet homme semble presque le même que lorsqu'il dormait et qu'en dormant il se figurait lui-même être détaché de son corps et errer dans la terre des rêves. N'est-ce pas que ce quelque chose qui est l'essence de l'homme, a été contraint en effet de partir et d'errer au dehors par la violence qu'on lui a fait subir, et se trouve maintenant incapable ou bien oublie de revenir dans son enveloppe ? Ne conservera-t-il pas quelques-uns des pouvoirs qu'il possédait pendant la vie ? Ne peut-il pas nous secourir si cela lui plaît, ou plutôt, — il semble que cette idée soit beaucoup plus générale, — nous nuire s'il est irrité ? Ne fera-t-on pas bien d'accomplir à l'égard de ces sortes d'êtres les actes qui auraient apaisé l'homme et l'auraient disposé favorablement pendant la vie ? Il est impossible d'étudier les récits dignes de foi qui nous instruisent sur la façon de penser des sauvages sans reconnaître qu'il y a au fond de leurs croyances spéculatives quelques raisonnements de cette nature.

Il y a des sauvages qui n'ont point de dieu à proprement parler ; mais tous croient à des esprits. Le fétichisme, le culte des ancêtres et des héros, la démonologie des sauvages primitifs, ne sont pas autre chose, selon moi, que des formes différentes de leur croyance aux esprits et de l'interprétation anthropomorphique des événements dont cette croyance résulte. La magie et la sorcellerie représentent ces croyances dans la pratique ; elles sont à la religion et au culte ce que le simple anthropomorphisme des enfants ou des sauvages est à la théologie.

A mesure que l'espèce humaine passe de la sauvagerie à une civilisation avancée, l'anthropomorphisme en se développant forme la théologie, tandis que le physicisme, si je puis employer ce mot, devient la science ; mais ce double développement est simultané, non successif. Il y a donc pendant longtemps pour chacun des deux un domaine qui ne lui est pas disputé par l'autre, tandis qu'entre les deux s'étend une contrée pour la possession de laquelle ils luttent, contrée gouvernée par une sorte de bâtards qui doivent leurs caractères extérieurs au physicisme, leur substance à l'anthropomorphisme, et qui sont pour M. Comte l'objet d'une aversion particulière, je veux parler des entités métaphysiques.

Mais à mesure que les siècles s'écoulent, les frontières du physicisme s'étendent. Les domaines des bâtards sont tous annexés à la science ; la théologie même, sous ses formes les plus pures, a cessé d'être anthropomorphique, quel que soit le langage qu'elle emploie encore. L'anthropomorphisme s'est retranché dans sa dernière forteresse, dans l'homme même. Mais la science investit et bloque la place ; les philosophes s'apprêtent à livrer bataille sur le dernier et le plus grand de tous les problèmes spéculatifs : — la nature humaine possède-t-elle un élément libre, doué de volonté, c'est-à-dire vraiment anthropomorphique, ou n'est-elle que la plus artistement construite des machines qui sont l'œuvre de la nature ? Quelques-uns, au nombre desquels je me range, pensent que la bataille restera à jamais indécise, et que, dans toutes les questions pratiques, ce résultat équivaut à la victoire de l'anthropomorphisme.

III. — La classification des sciences.

La classification des sciences, qui, aux yeux des adhérents de M. Comte, constitue son second titre sérieux à la dignité de philosophe scientifique, me paraît donner prise exactement aux mêmes objections que la loi des trois états. Elle n'est pas d'accord avec elle-même, et elle n'est pas d'accord avec les faits. Considérons successivement les principaux points de cette classification :

« Il faut distinguer par rapport à tous les ordres des phénomènes, deux genres de sciences naturelles : les unes abstraites, générales, ont pour objet la découverte des lois qui régissent les diverses classes de phénomènes, en considérant tous les cas qu'on peut concevoir ; les autres concrètes, particulières, descriptives, et qu'on désigne quelquefois sous le nom des sciences naturelles proprement dites, consistent dans l'application de ces lois à l'histoire effective des différents êtres existants » (*Philosophie positive*, I, page 56).

Il dit dans la suite que les sciences abstraites sont les mathématiques, l'astronomie, la physique, la chimie, la physiologie et la physique sociale : ces deux dernières appellations sont remplacées plus tard par celles de biologie et de sociologie. M. Comte explique de la façon suivante, par des exemples, sa distinction entre les sciences abstraites et les sciences concrètes :

« On pourra d'abord l'apercevoir très-nettement en comparant, d'une part, la physiologie générale, et d'une autre part la zoologie et la botanique proprement dites. Ce sont évidemment, en effet, deux travaux d'un caractère fort distinct, que d'étudier, en général, les lois de la vie, ou de déterminer le mode d'existence de chaque corps vivant, en particulier. *Cette seconde étude, en outre, est nécessairement fondée sur la première.* » — (Page 57.)

veloppée chez M. Comte, mais dont on pourrait très-bien dispenser un philosophe ; dans un autre sens, il s'applique fort mal à propos à un système qui aboutit à d'énormes négations ; dans un troisième sens, spécialement philosophique, désignant un système de pensée qui n'avance rien au delà de ce que contiennent les faits observés, il désigne ce qui n'a jamais existé et n'existera jamais.

Ces derniers mots que j'ai marqués en lettres italiques prouvent combien les connaissances de M. Comte dans les sciences physiques sont peu précises, combien elles sont uniquement puisées dans les livres. Quoi ! « l'étude spéciale des êtres vivants est fondée sur une étude générale des lois de la vie ! » Comme M. Congrève nous apprend qu'il s'est voué à la physiologie, je suis prêt à me rétracter ; mais vraiment le peu que je sais en pareille matière m'amène à penser que si M. Comte avait eu la plus légère connaissance pratique de la science biologique, il aurait renversé complétement les termes de sa phraséologie ; il aurait reconnu que nous ne pouvons avoir des lois générales de la vie une autre connaissance que celle qui est fondée sur l'étude particulière des êtres vivants.

Il a donc singulièrement mal choisi son exemple ; mais les termes dont il se sert pour définir ce qu'il appelle les sciences abstraites me paraissent donner plus de prise encore à la critique. A quel titre peut-on dire que l'astronomie, ou la physique, ou la chimie, ou la biologie s'occupent, chacune dans son domaine respectif, de considérer « tous les cas qu'on peut concevoir ? » Est-ce que l'astronome s'occupe d'un système de l'univers autre que celui qui est visible pour lui ? Se livre-t-il à des spéculations sur les mouvements possibles des corps qui peuvent s'attirer les uns les autres en raison inverse du cube de leurs distances ? Est-ce que la biologie, soit « abstraite », soit « concrète », étudie aucune forme de la vie en dehors de celles qui existent ou qui ont existé ? Or si les sciences abstraites embrassent tous les cas que l'on peut concevoir de l'application des lois étudiées par chacune d'elles, n'embrasseront-elles pas nécessairement les objets des sciences concrètes, lesquels, puisqu'ils existent, doivent sans doute se concevoir ? Non, aucune distinction comme celle que fait M. Comte n'est soutenable. Les premières assises de sa classification s'écroulent sous leur propre poids.

Mais accordons à M. Comte ses six sciences abstraites. Il se met alors à les disposer suivant ce qu'il appelle leur ordre naturel ou leur hiérarchie ; et leur rang dans cette hiérarchie est déterminé par le degré de généralité ou de simplicité des conceptions dont elles traitent. Les mathématiques occupent le premier rang, l'astronomie le second, la physique le troisième, la chimie le quatrième, la biologie le cinquième, enfin la sociologie la sixième et dernière place de la série. Les arguments de M. Comte en faveur de cette classification sont d'abord :

« Sa conformité essentielle avec la coordination, en quelque sorte spontanée, qui se trouve en effet implicitement admise par les savants livrés à l'étude des diverses branches de la philosophie naturelle. »

Mais je nie absolument l'existence de cette conformité. S'il y a une chose qui soit claire dans les progrès de la science moderne, c'est la tendance à réduire tous les problèmes scientifiques, excepté ceux qui sont purement mathématiques, à des questions de physique moléculaire, c'est-à-dire aux attractions, aux répulsions, aux mouvements, et à la coordination des dernières particules de la matière. Les phénomènes sociaux sont le résultat de l'action mutuelle que les membres de la société, c'est-à-dire les hommes, exercent les uns sur les autres et de celle qui s'exerce entre eux et l'univers où ils vivent. Mais dans le langage de la science physique, — qui, par la nature même des objets de cette science, est un langage matérialiste, — les actions des hommes, en tant que la science peut les étudier, sont les résultats de changements moléculaires dans la matière dont nous sommes formés ; et ces changements finiront, à la longue, par tomber dans le domaine du physicien. *A fortiori*, les phénomènes de la biologie et de la chimie sont, en dernière analyse, des questions de physique moléculaire : c'est un fait reconnu par tous les chimistes et les biologistes qui portent leurs regards au delà de leurs occupations immédiates. Et il faut remarquer que les phénomènes de la biologie se rattachent aussi directement, aussi immédiatement à la physique moléculaire que ceux de la chimie. La physique, la chimie et la biologie ne sont donc pas trois échelons successifs dans l'échelle de la science, comme voudrait nous le faire croire M. Comte, mais trois rameaux qui sortent de la tige commune de la physique moléculaire.

Quant à l'astronomie, j'ai peine à comprendre que personne, après avoir donné un moment d'attention à la nature de cette science, hésite à reconnaître qu'elle se compose de deux parties : premièrement, d'une partie descriptive, qui mérite autant que la zoologie ou la botanique descriptives le nom d'histoire naturelle ; secondement, d'une explication des phénomènes produits par les lois de la gravitation, force dont l'étude rentre aussi bien dans la physique que l'étude de la chaleur ou de l'électricité. Il serait tout juste aussi raisonnable de considérer l'étude de la chaleur solaire comme une science antérieure au reste de la thermotique, que de placer l'étude de l'attraction des corps qui composent l'univers en général avant celle des corps terrestres particuliers, les seuls que nous puissions connaître par expérience. L'astronomie doit, en réalité, sa perfection à cette circonstance qu'elle est la seule branche de l'histoire naturelle dont les phénomènes puissent, pour la plupart, recevoir une expression mathématique, la seule qui puisse, dans une large mesure, se développer par l'application de lois physiques d'une grande simplicité.

Quant aux mathématiques, il faut d'abord remarquer que M. Comte confond sous cette dénomination les simples rapports d'espace et de quantité, que l'on désigne plus particulièrement par ce nom, avec la mécanique rationnelle et la statique, qui sont des développements mathématiques des conceptions les plus générales de la physique, c'est-à-dire des notions de force et de mouvement. Si nous remettons ces notions à la place qui leur appartient dans la physique, il ne nous reste que les mathématiques pures. Celles-ci ne peuvent se mettre ni au premier ni au dernier rang dans la hiérarchie des sciences, puisqu'elles ont des relations égales avec toutes les autres, comme la logique, quoique l'immense difficulté que l'on rencontre dans la pratique, quand on veut appliquer les mathématiques aux phénomènes les plus complexes de la nature, les écarte jusqu'à présent de cet ordre d'études.

Au sujet des mathématiques, M. Comte hasarde encore des assertions qui ne peuvent s'expliquer que par son ignorance complète de la physique pratique. Lisez, par exemple, ce passage :

« C'est donc par l'étude des mathématiques, *et seulement par elle*, que l'on peut se faire une idée juste et approfondie de ce que c'est qu'une *science*. C'est là *uniquement* qu'on doit chercher à connaître avec précision *la méthode générale que l'esprit humain emploie constamment dans toutes ses recherches positives*, parce que nulle part ailleurs les questions ne sont résolues d'une manière aussi complète et les déductions prolongées aussi loin avec une sévérité rigoureuse. C'est là également que notre entendement a donné les plus grandes preuves de sa force, parce que les idées qu'il y considère sont du plus haut degré d'abstraction possible dans l'ordre positif. *Toute éducation scienti-*

ne commence point par une telle étude pèche donc nécessaire-
r sa base » (*Philosophie positive*, I, page 99).

dire : la seule étude qui puisse donner *une idée juste*
ofondie de ce qu'est une science, et en même temps
une notion exacte de la méthode générale d'investi-
scientifique, c'est celle qui n'a rien de commun avec
ation, rien avec l'expérience, rien avec l'induction,
ec la notion de causalité ! L'éducation, dont tout le
onsiste à procéder du facile au difficile, du concret à
it, doit suivre une route toute différente et passer de
it au concret !

un second argument avancé par M. Comte à l'appui
iérarchie des sciences :

second caractère très-essentiel de notre classification, c'est d'être
rement conforme à l'ordre effectif du développement de la phi-
naturelle. C'est ce que vérifie tout ce qu'on sait de l'histoire
nces » (*Philosophie positive*, I, page 77.).

M. Spencer a si clairement et si complétement démon-
ns sa *Genèse de la science*, l'absence de toute corréla-
re le développement historique des sciences et le rang
r est assigné dans la hiérarchie comtienne, que je ne
perdre mon temps à répéter cette réfutation.

une troisième proposition en faveur de la classifica-
ntienne des sciences :

troisième lieu, cette classification présente la propriété très-re-
le de marquer exactement la perfection relative des différentes
, laquelle consiste essentiellement dans le degré de précision
aissances et dans leur coordination plus ou moins intime » (*Phi-*
positive, I, page 78).

é les explications que M. Comte donne plus loin, je
t à fait incapable de comprendre la distinction qu'il
d'établir dans ce passage. Toute science doit se
er de connaissances précises, et ces connaissances
être coordonnées dans leur ensemble ; autrement il
as de science. Quand M. Comte, pour commenter la
tion que j'ai citée, dit que « les phénomènes organi-
comportent qu'une étude à la fois moins exacte et
ystématique que les phénomènes des corps bruts », il
npossible d'entendre ce qu'il veut dire. Si j'affirme
orsqu'un nerf moteur est irrité, le muscle auquel il se
e devient en même temps plus court et plus épais, sans
r de volume », je crois énoncer une proposition non-
ent aussi vraie, mais encore aussi précise ou exacte
le du physicien qui dirait : « Quand un morceau de
chauffé, il devient en même temps plus long et plus
t son volume s'accroît ». Je ne puis découvrir aucune
ice, pour la précision, entre l'exposé de cette loi mor-
que : « Les animaux qui allaitent leurs petits ont
ondyles occipitaux », et l'énoncé de cette loi physi-
L'eau soumise à l'électrolyse est remplacée par un
gal des gaz oxygène et hydrogène ». Quant à dire que
herches anatomiques ou physiologiques sont moins
natiques » que celles du chimiste ou du physicien,
e assertion inexplicable.

néthodes des sciences physiques sont partout les mêmes
cipe, et l'investigateur physiologiste qui ne serait pas
tique s'égarerait, à tout prendre, plus facilement que
ont les recherches portent sur des objets plus simples.
la classification des sciences par M. Comte me paraît,
es points de vue, une tentative avortée. Il m'est im-
, dans un article déjà trop long, de chercher com-
ment on pourrait la remplacer par une meilleure, et cela est d'autant moins nécessaire qu'on vient de publier une seconde édition du remarquable travail de M. Spencer sur ce sujet. Quand on s'est traîné laborieusement, au risque d'une crise cérébrale, à travers les pages obscures, la confusion inextricable et la science de seconde main de la *Philosophie positive*, on éprouve l'effet d'une douche salutaire en revenant à la *Classification des sciences* de M. Spencer, et l'on trouve un véritable rafraîchissement dans sa pensée profonde, son savoir précis, son clair langage.

IV. — Le positivisme est contraire a l'essence même de la science.

La seconde proposition que j'ai avancée dans ma lecture sur *La base physique de la vie*, c'est celle-ci : la *Philosophie positive* contient « une foule de particularités tout aussi contraires à l'essence même de la science que tout ce qu'il y a de plus antiscientifique dans le catholicisme ultramontain ».

Ce que je veux indiquer par ces paroles, c'est d'abord le dogmatisme arrogant et l'étroitesse de vues qui se remarquent si souvent chez M. Comte lorsqu'il discute des doctrines qui ne lui plaisent pas ; ce qui donne à l'expression de ses opinions un caractère de puérilité passionnée. Ainsi, pour citer un exemple, c'est ce qui arrive lorsqu'il argumente contre l'hypothèse d'un éther, ou qu'il parle, — car je ne puis appeler cela de l'argumentation, — contre la psychologie ou l'économie politique.

D'un autre côté, je fais allusion à cet esprit de réglementation et d'intervention systématique dans toutes choses, qui remplit même la *Philosophie positive* et qui éclate dans les derniers volumes de cet ouvrage de manière à faire présager avec certitude les monstruosités antiscientifiques des derniers écrits de M. Comte.

Ceux qui essayent de tirer une ligne de démarcation entre l'esprit de la *Philosophie positive* et celui de la *Politique* et des ouvrages postérieurs,— si toutefois je puis exprimer mon opinion sans connaître entièrement ces derniers,— n'ont pas remarqué ou ont oublié ce que M. Comte lui-même s'efforce de montrer et réussit fort bien à prouver dans son *Appendice général de la Philosophie positive*.

« Dès mon début, dit-il, je tentai de fonder le nouveau pouvoir spirituel que j'institue aujourd'hui. Ma politique, loin d'être aucunement opposée à ma philosophie, en constitue tellement la suite naturelle, que celle-ci fut directement instituée pour servir de base à celle-là, comme le prouve cet *Appendice* » (*Préface spéciale*, pages I, II).

Cela est parfaitement vrai. Dans l'essai remarquable, intitulé *Considérations sur le pouvoir spirituel*, publié en mars 1826, Comte parle en faveur de l'établissement d'un « pouvoir spirituel moderne » qui, selon lui, pourrait exercer sur les affaires temporelles une influence supérieure à celle que possédait le clergé catholique au XII[e] siècle, quand il jouissait de toute sa vigueur et de toute son indépendance. Ce pouvoir spirituel est destiné à gouverner l'opinion et à exercer un contrôle suprême sur l'éducation chez toutes les nations occidentales : les pouvoirs spirituels des différents peuples européens devront s'associer ensemble et se réunir sous une commune direction ou « souveraineté spirituelle ».

Un système de « catholicisme sans christianisme » était donc organisé complétement dans l'esprit de Comte quatre ans avant que le premier volume de la *Philosophie positive*

ne fût écrit. Il est donc naturel que l'esprit papal se manifeste dans ce dernier ouvrage, non-seulement de la manière que j'ai déjà mentionnée, mais bien plus encore dans cette violente attaque contre la liberté de conscience, au quatrième volume :

« Il n'y a point de liberté de conscience en astronomie, en physique, en chimie, en physiologie même, en ce sens que chacun trouverait absurde de ne pas croire de confiance aux principes établis dans les sciences par les hommes compétents. »

Rien, dans le catholicisme ultramontain, ne peut être, selon moi, plus complétement sacerdotal, plus entièrement antiscientifique que cette parole. Tous les grands progrès de la science ont été justement opérés par ceux qui n'ont pas hésité à mettre en doute les principes établis dans les sciences par les hommes compétents; et le grand enseignement que nous donne la science, ce qui en fait un instrument si puissant de discipline intellectuelle, c'est qu'elle travaille sans cesse à nous inculquer cette maxime: la seule base solide d'une proposition quelconque, le seul titre qu'elle ait à être crue, c'est l'impossibilité de la réfuter.

Ainsi, sans sortir de la *Philosophie positive* elle-même, nous reconnaissons que l'auteur a en vue l'établissement d'un système de société dans lequel un pouvoir spirituel organisé dominera et dirigera le pouvoir temporel, aussi complétement que les Innocent et les Grégoire essayaient de gouverner l'Europe au moyen âge; nous voyons qu'il ne permet point à la liberté de conscience de s'exercer contre les *hommes compétents* qui, apparemment, constitueraient ce nouveau corps sacerdotal. M. Congrève avait-il oublié cela, comme il semble avoir oublié quelques autres parties de la *Philosophie positive*, quand il écrivait ces mots : « Si l'on emploie l'expression dans un sens restreint, précis, nul homme sincère ne pourra dire que la philosophie positive est, sur beaucoup de points, aussi complétement opposée à [l'essence même de] (1) la science que le catholicisme »?

M. Comte, on l'aura sans doute remarqué, désire conserver l'ensemble de l'organisation catholique. Logiquement, le résultat pratique de cette partie de sa doctrine serait d'établir quelque chose d'analogue à cette institution éminemment catholique, mais évidemment antiscientifique, le saint-office.

J'espère en avoir assez dit pour prouver qu'en écrivant les quelques lignes consacrées à M. Comte et à sa philosophie, je n'ai fait preuve ni de légèreté, ni d'ignorance, encore moins de malveillance. Je serais fâché si, après la lecture de ce que je viens d'ajouter pour ma propre justification, on supposait que je ne reconnais aucune valeur aux ouvrages de M. Comte, ou que je n'éprouve pas un respect et une sympathie sincères pour ceux qu'il a excités à méditer profondément sur les problèmes sociaux et à lutter noblement pour la régénération sociale. C'est le mérite d'avoir donné cette impulsion qui, si je ne me trompe, sauvera de l'oubli le nom et la réputation d'Auguste Comte. Quant à sa philosophie, je m'en sépare, en citant ses propres paroles qui m'ont été rapportées par un ancien comtiste, maintenant l'un des membres éminents de l'Institut de France, M. Charles Robin :

(1) M. Congrève supprime ces mots importants qui montrent que je parle de l'esprit et non des détails de la science. Je ne veux pas dire que jamais un « homme sincère » n'aurait aussi à propos mutilé mes paroles, car je sais que des hommes très-sincères font parfois des choses bien étranges.

« La philosophie est une tentative incessante de l'esprit humain pour arriver au repos; mais elle se trouve, incessamment aussi, dérangée par les progrès continus de la science. De là vient pour le philosophe l'obligation de refaire chaque soir la synthèse de ses conceptions; et un jour viendra où l'homme raisonnable ne fera plus d'autre prière du soir. »

T. H. Huxley,
Professeur à l'École royale des mines,
Président des sociétés ethnologique et géologique de Londres.

COLLÉGE DE FRANCE

CHIMIE ORGANIQUE

COURS DE M. BERTHELOT (1)

De la constitution des corps simples en général et du carbone en particulier

I

LES CHALEURS SPÉCIFIQUES DES ÉLÉMENTS.

Les corps simples que les chimistes admettent aujourd'hui doivent être réputés tels, jusqu'au jour où l'on aura réussi, soit à les décomposer en quelques matières plus simples; soit à les transformer à volonté les uns dans les autres, solution du problème plus vraisemblable peut-être que la première (2).

En attendant que la science ait fait ce pas nouveau et décisif, mais dont nous semblons encore fort éloignés, nous devons recueillir tous les indices propres à attester une certaine complication dans la constitution des corps simples, sous la forme où nous les connaissons à l'état de liberté. Or, parmi ces indices, il n'en est pas peut-être de plus frappants que ceux qui se manifestent dans l'étude du carbone.

En effet, la plupart des corps simples se présentent à nous sous une forme unique, déterminée, toujours la même dans les mêmes circonstances de pression et de température. C'est ce que montre tout d'abord l'étude des métaux, or, argent, plomb, mercure; ou bien encore celle des gaz, hydrogène, azote, chlore, etc. Le carbone au contraire affecte des états fort divers: tantôt cristallisé, dur, blanc et transparent, il constitue le *diamant;* tantôt, cristallisé encore, mais mou, noir et opaque, il prend le nom de *graphite*; tantôt enfin il présente, sous le nom de *charbon*, une variété pour ainsi dire indéfinie d'états physiques, distincts par leur aspect, leur éclat et leur cohésion.

Une différence plus précise entre le carbone et les autres éléments résulte de la comparaison des chaleurs spécifiques. Pour en bien concevoir toute l'importance, il faut remonter aux principes. Étant donnés des corps simples sous forme gazeuse, tels que l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, l'expérience prouve qu'un même volume de tous ces gaz exige la même quantité de chaleur pour se dilater d'une même quantité, c'est-à-dire pour être porté à la même température à partir d'un même degré, de zéro par exemple.

Tous les gaz simples ont donc à peu près, sous le même volume, la même chaleur spécifique : relation établie par l'expérience, mais qui résulte aussi des théories les plus vraisemblables sur la constitution des gaz.

(1) Voyez ci-dessus page 178, 20 février 1869, et la note de renvoi de cette leçon.

(2) Voyez ma *Leçon sur l'Isomérie* professée devant la Société chimique de Paris, page 164 (chez Hachette).

poids atomiques des gaz étant proportionnels aux d'un même volume gazeux (loi de Gay-Lussac), il en te que les chaleurs spécifiques rapportées à l'unité de d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, etc., étant multipliées s poids atomiques respectifs de ces éléments, donnent un uit constant : ce produit est égal à 3,4 environ. Le brome x et le chlore gazeux ne s'écartent guère de ce nombre. il n'est guère douteux que le mercure et le cadmium, à-dire les seuls métaux dont on connaisse la densité de r, présenteraient sous le même volume gazeux la même ur spécifique que les autres corps simples. Rapportée à é de poids, la chaleur spécifique du mercure gazeux se-lonc égale à 0,034 environ ; car un litre de vapeur de ure pèse cent fois autant qu'un litre d'hydrogène. Re-uez ces nombres : ils nous conduiront tout à l'heure à onséquences capitales.

is voyons d'abord comment on a étendu par expérience des chaleurs spécifiques aux autres éléments. A pre-vue, cette loi semble fort limitée dans ses applications. fet, le nombre des gaz simples dont on a déterminé la ur spécifique s'élève à cinq seulement. Cependant les vations de Dulong et Petit, confirmées et développées elles de M. Regnault, ont prouvé qu'une relation ana-existe entre les chaleurs spécifiques rapportées à l'unité ids des corps simples pris sous forme solide. Le poids ique de l'iode, celui du brome, ceux de l'argent, du po-m, du sodium, multipliés par les chaleurs spécifiques ctives de ces corps à l'état solide, donnent un produit à 6,6 environ.

pendant, chose singulière, les autres métaux pris sous solide, c'est-à-dire le fer, le zinc, le cuivre, l'étain, le b, le cadmium, le mercure solide, etc., fournissent oduit voisin de 3,3, c'est-à-dire la moitié seulement du uit relatif à l'iode et à l'argent. Pour faire disparaître anomalie, on a proposé de doubler les poids atomiques r, du zinc, du cuivre, du cadmium, du mercure, etc., tte convention a été adoptée par un grand nombre de istes.

is on n'a pas pris garde qu'elle est contredite par la *cha-pécifique gazeuse du mercure et du cadmium*. En suppri-la difficulté pour les corps simples solides, dont la cha-pécifique ne se rattache à aucune théorie généralement , on la fait donc reparaître pour les corps simples gazeux, à-dire pour les corps dont la chaleur spécifique peut être ite à priori de conceptions fort vraisemblables, bien con-de ceux qui ont étudié la théorie mécanique de la ur.

pendant, comme la chaleur spécifique gazeuse du mer-et du cadmium n'est pas connue par expérience, il sem-u'il suffirait de la supposer doublée pour faire dispa-l'anomalie. Mais cette hypothèse est à la fois contraire nalogies et en contradiction avec la relation qui existe les densités gazeuses et les chaleurs spécifiques ga-s.

oi que l'on admette, il faut donc sacrifier le caractère u, soit de la relation entre les chaleurs spécifiques ga-s et les densités gazeuses, soit de la relation entre les urs spécifiques solides et les poids atomiques.

as le cas du mercure, du cadmium, et probablement de les métaux analogues, il n'existe aucune hypothèse qui e ramener à une même unité les poids atomiques, les densités gazeuses, enfin les chaleurs spécifiques gazeuses et les chaleurs spécifiques solides.

Au lieu de s'obstiner à poursuivre cette unité chimérique, il me semble préférable d'admettre qu'il existe deux classes d'éléments, distincts par leur constitution sous la forme solide. Dans les uns, la constitution chimique du corps gazeux persiste dans le corps solide : le nombre des particules élémentaires ou atomes (en adoptant ce mot pour simplifier et dans un sens relatif) est le même pour un même poids du corps solide et du corps gazeux. Tels sont le brome, l'iode, l'argent, le potassium, le sodium.

Dans les autres éléments, les atomes du corps gazeux se groupent deux à deux, lorsque le corps prend l'état solide. Un tel groupement ne serait pas simplement comparable à la formation d'un corps polymère deux fois condensé, en chimie organique ; car la chaleur spécifique ne change que faiblement dans une telle formation (1). Mais il résulterait d'un rapprochement bien plus intime des particules élémentaires, et peut-être d'une fusion complète entre les atmosphères éthérées qui les entourent. Ainsi donc, les atomes du mercure et du cadmium solides seraient doubles des atomes du mercure et du cadmium gazeux : cette hypothèse s'appliquerait également au fer, au cuivre, au zinc, etc.

Le carbone, le bore, le silicium, forment une troisième classe de corps simples, dont la chaleur spécifique sous forme solide s'écarte bien davantage de la loi de Dulong. Cependant, je vais montrer que l'anomalie peut s'expliquer par des considérations semblables aux précédentes, et en admettant que l'atome du carbone, du bore, du silicium solides résulte du rapprochement d'un certain nombre de particules élémentaires, telles que celles-ci existent dans le carbone, le bore, le silicium gazeux. Cette hypothèse, déduite de l'étude des chaleurs spécifiques, est confirmée par l'examen des produits de l'oxydation des diverses variétés de carbone, comme je le montrerai bientôt.

Commençons par discuter les chaleurs spécifiques, en nous limitant au carbone ; le bore et le silicium conduiraient à des conclusions semblables.

La chaleur spécifique du carbone peut être envisagée dans l'état gazeux ou dans l'état solide. C'est seulement sous cette dernière forme qu'elle a été déterminée. M. Regnault a obtenu les chiffres suivants :

Diamant	0,147
Graphite naturel	0,202
Charbon de cornue (2)	0,197 à 0,204
Noir animal purifié	0,261
Charbon de bois calciné	0,241

Ainsi donc la chaleur spécifique du carbone solide varie avec son état d'agrégation ; tandis que celle des métaux, du brome, de l'iode, du soufre même et du phosphore en est à peu près indépendante. Pour le carbone, les variations vont du simple au double.

Ce n'est pas tout : multiplions en effet les chiffres ci-dessus par le nombre 12, lequel exprime le poids atomique du carbone, nous obtiendrons les produits suivants :

(1) *Leçon sur l'Isomérie*, page 220.

(2) Désigné par M. Regnault sous le nom de graphite artificiel, nom qui ne paraît pas devoir être maintenu, d'après les faits exposés plus loin.

Diamant	1,76
Graphite naturel	2,41
Charbon de cornue	2,4
Noir animal purifié	3,13
Charbon de bois calciné	2,9

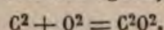
Tous ces nombres sont moindres que le produit analogue relatif au brome, à l'iode, à l'argent solides, soit 6,6. — En effet, les chiffres relatifs au noir animal et au charbon de bore approchent à peine de la moitié de 6,6 ; les chiffres relatifs au charbon de cornue et au graphite naturel sont voisins du tiers ; enfin, le chiffre relatif du diamant n'est guère que le quart. Si l'on raisonnait pour ces divers états du carbone comme pour les autres éléments, on en conclurait que le poids atomique du noir animal calciné est égal à 24 ; celui du graphite et du charbon de cornue, à 36 ; enfin celui du diamant, à 48. Le noir animal se comporte ici comme le mercure et les métaux analogues ; mais le graphite et le diamant représentent des états plus condensés encore.

Avant d'aller plus loin, cherchons à évaluer la chaleur spécifique du carbone gazeux. Pour cela, nous nous appuierons sur la relation générale, d'après laquelle tous les gaz simples ont sous le même volume gazeux la même chaleur spécifique. Il s'agit donc d'évaluer la densité gazeuse du carbone.

Je dis d'abord que le carbone peut être réellement réduit sous la forme gazeuse. Ce fait résulte de l'analyse spectrale appliquée aux composés carbonés traversés par l'étincelle électrique ou soumis à la combustion. Il résulte également des phénomènes que le carbone présente dans l'arc électrique. L'équilibre qui se produit entre le carbone, l'hydrogène et l'acétylène sous l'influence du feu électrique (1) implique également l'existence du carbone gazeux. Enfin, j'ai montré (2) comment l'existence du carbone gazeux permet d'expliquer les phénomènes thermochimiques, en apparence anomaux et irréguliers, qui accompagnent les combinaisons directes du carbone avec l'oxygène, l'hydrogène, le soufre, enfin avec l'hydrogène et l'azote simultanément. J'admets donc l'existence du carbone gazeux, à une température suffisamment élevée.

Sa chaleur spécifique peut être déduite de celle de l'oxyde de carbone. En effet, l'oxyde de carbone, corps très-voisin de l'état de gaz parfait, possède sous le même volume, la même chaleur spécifique que les gaz formés à volumes égaux et sans condensation, tels que le bioxyde d'azote et l'acide chlorhydrique ; cette chaleur spécifique est d'ailleurs la même que celle des gaz simples eux-mêmes, ce qui correspond à l'absence de condensation. D'où il suit que :

1° L'oxyde de carbone doit être formé par l'union de l'oxygène et du carbone, à volumes égaux, sans condensation :



$$C^2 + O^2 = C^2O^2.$$

2° La chaleur spécifique du carbone gazeux étant égale à celle de l'oxygène, de l'hydrogène, etc., sous le même volume gazeux ; la chaleur spécifique du carbone gazeux sous l'unité de poids sera égale à $\frac{3,4}{12} = 0,28$.

3° La chaleur spécifique du carbone solide, si elle présentait avec celle du carbone gazeux la même relation que la chaleur spécifique de l'iode solide et des autres éléments solides, à l'égard des mêmes éléments gazeux, serait égale à 0,56 environ. Tel serait le chiffre qui résulterait de la loi de Dulong. Il est double du chiffre relatif au charbon de bois, triple de celui du graphite, quadruple de celui du diamant.

Ainsi donc le carbone solide ne satisfait pas à la loi ordinaire des chaleurs spécifiques. Mais je vais montrer que l'on peut expliquer les anomalies qu'il présente, à l'aide de la même hypothèse que nous avons faite tout à l'heure pour le mercure et les métaux analogues, c'est-à-dire en admettant que l'atome du carbone solide n'est pas le même que celui du carbone gazeux. Supposons, en effet, que le charbon de bois soit formé par des atomes doublés ; le graphite, par des atomes triplés ; le diamant, enfin par des atomes quadruplés. La différence entre ces états sera du même ordre que celle qui existe entre des corps simples différents, par exemple, entre l'oxygène et le soufre dont le poids atomique est double de celui de l'oxygène ; ou bien, entre le soufre et le tellure, dont le poids atomique est quadruple de celui du soufre.

Sous chacune de ces formes, le carbone serait d'ailleurs susceptible d'offrir plusieurs états isomériques distincts, sans changement notable de chaleur spécifique : précisément comme le soufre et le phosphore. Le soufre insoluble et le soufre cristallisé d'une part, le phosphore rouge et le phosphore ordinaire d'autre part, possèdent en effet la même chaleur spécifique.

Telles sont les inductions auxquelles on est conduit par l'étude des chaleurs spécifiques du carbone. Nous allons voir que ces inductions sont vérifiées jusqu'à un certain point par l'étude des transformations chimiques des diverses variétés du carbone.

Cette étude comprend les sujets suivants :

1° Méthode pour l'analyse immédiate des diverses variétés de carbone.

2° Recherches sur les oxydes graphitiques.

3° Leur transformation en composés organiques ordinaires.

4° Examen des états actuels du carbone.

II

ANALYSE IMMÉDIATE DES DIVERSES VARIÉTÉS DE CARBONE.

On sait que les nombreuses variétés du carbone peuvent être rangées sous trois chefs principaux, savoir :

1° Le carbone-diamant ;

2° Les carbones-amorphes, dérivés des matières organiques ;

3° Les carbones-graphites, lesquels existent dans la nature et se produisent dans la fonte sous la forme hexagonale.

On a assimilé aux graphites plusieurs variétés de carbone amorphe, telles que la plombagine naturelle et divers carbones artificiels. Ainsi, Berzelius (1) identifie avec les graphites les charbons métalliques, le coke obtenu par la calcination de la houille, enfin le charbon de bois et le noir de fumée, après qu'ils ont été exposés pendant quelque temps à une température rouge intense. Despretz (2) appliquait également le nom de graphite au charbon de cornue et de sucre, après qu'ils ont été chauffés quelque temps soit à la lampe

(1) Voyez *Revue des cours scientifiques*, numéro du 20 février dernier, ci-dessus page 178.

(2) *Revue des cours scientifiques*, même numéro, page 183.

(1) *Traité de chimie*, t. I, p. 260 (1845), traduction française.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. [illegible], p. 369.

ıailleur, soit au feu électrique. M. Regnault et M. Caron désigné sous ce même nom (1) certains charbons de cor- à gaz, conformément d'ailleurs à l'opinion de Berzelius. je cite ces autorités, pour préciser le sens qui a été atta- en général, et jusqu'à présent, au mot *graphite*, c'est que éfinition de cette substance, toutes les fois qu'elle ne cris- se pas, manque de rigueur et peut donner lieu à bien équivoques. La propriété de tacher le papier, par exem- qui a été souvent invoquée comme caractérisant le gra- e (2), n'appartient ni aux charbons métalliques, ni à cer- s carbones que je rangerai parmi les graphites véritables; is qu'elle existe dans le noir de fumée et dans quelques es carbones-amorphes.

me suis demandé s'il ne serait pas possible de définir les hites et, par suite, les autres carbones, d'une manière exacte, en me fondant sur la curieuse combinaison que rodie a découverte. En effet, d'après ce savant, le gra- e naturel (plombagine) peut être oxydé par certains its très-énergiques, à basse température, et en formant omposé particulier, désigné sous le nom d'*acide graphi- e* (3). Ce composé renferme du carbone, de l'hydrogène l'oxygène. A l'état humide, il se présente en paillettes es et micacées, que la dessiccation agglomère sous forme asses brunes et amorphes. Soumis à l'action de la cha- , il se détruit subitement et avec production d'étincelles, boursouflant beaucoup : il reste une poudre noire très- ée, renfermant de l'hydrogène et de l'oxygène : je la dé- rai sous le nom d'*oxyde pyrographitique*. Le charbon de et le noir de fumée ne fournissent point d'acide graphi- .

ls sont les faits observés par M. Brodie; j'ai cru devoir ppeler, parce qu'ils ont été l'origine de mes propres erches. En effet, dans le cours de mes expériences sur la ode universelle d'hydrogénation, j'ai été conduit à re- dre l'étude de l'acide graphitique. Cette étude a eu pour ier résultat l'institution d'une méthode nouvelle d'ana- immédiate, applicable à la reconnaissance des diverses tés de carbone. J'ai appliqué ensuite cette méthode à men d'une centaine de variétés de carbone préparées ou fiées par divers procédés.

tte méthode consiste à oxyder le carbone à basse tem- ure et à examiner les produits formés. Dans ces condi- :

Le diamant n'est pas oxydé (4) sensiblement, même par raitements réitérés et prolongés, et soit qu'il s'agisse du ant ordinaire ou du diamant noir;

Les diverses variétés de carbone-amorphe sont changées rement en acides humoïdes, d'un brun jaunâtre, soluble l'eau; les propriétés de ces acides varient suivant les nes qui les fournissent;

Les diverses variétés de graphite vrai sont changées en s graphitiques correspondants. Les propriétés de ces s varient notablement avec la nature des graphites qui urnissent; mais tous sont caractérisés par leur insolubi- lité d'une part, et surtout par leur propriété d'être décom- posés brusquement et avec déflagration sous l'influence de la chaleur.

Tels sont les caractères que l'on observe, lorsqu'on oxyde une variété de carbone unique et sans mélange. Pour parve- nir à ces résultats, on opère de la manière suivante :

On réduit en poudre le carbone, s'il ne l'est déjà; on le mé- lange avec cinq fois son poids de chlorate de potasse, pulvé- risé séparément et au préalable; puis on incorpore peu à peu la masse avec de l'acide nitrique fumant, de façon à former une sorte de pâte. On abandonne le tout, dans une petite fiole ouverte, pendant quelques heures; puis on chauffe vers 50 à 60 degrés pendant trois ou quatre jours sans interruption. Au bout de ce temps, on étend la masse avec de l'eau, et on la lave par décantation au moyen de l'eau tiède (1). En géné- ral, il est nécessaire de répéter la même série d'opérations quatre, cinq, six fois, et même davantage, pour arriver soit à dissoudre entièrement les carbones amorphes, soit à changer entièrement les graphites en oxydes graphitiques. Les char- bons brillants et feuilletés qui se déposent aux parois d'un tube rouge, dans la destruction des composés organiques, offrent surtout une résistance prolongée, due à leur cohésion spéciale.

On peut donc distinguer les diverses variétés du carbone par l'étude spéciale de leurs produits d'oxydation. Il y a plus. D'après mes premières observations, je ne doute pas qu'une étude approfondie des mêmes produits ne conduise à séparer les graphites et les carbones-amorphes en plusieurs groupes distincts. Les carbones-amorphes, en particulier, même après qu'ils ont été dépouillés, par l'action du chlore, de l'hydro- gène qu'ils renferment toujours, semblent retenir encore, non-seulement dans leur aspect physique, mais même dans leurs dérivés oxydés, quelque chose de la structure des com- posés organiques dont ils dérivent : ce qui n'a rien de sur- prenant, si l'on remarque que ces carbones représentent la limite extrême d'une série de décompositions graduelles, ac- compagnées chacune de condensations moléculaires crois- santes, ainsi que je l'ai établi dans mes *Recherches sur les car- bures pyrogénés* (2).

Quoi qu'il en soit de ces distinctions plus subtiles et qui réclament de nouvelles recherches, la méthode d'analyse que je propose permet de reconnaître très-nettement les trois groupes principaux qui comprennent les variétés du carbone, à savoir : le diamant, les carbones-amorphes et les graphites. Je propose désormais de réserver exclusivement le nom de *graphite* aux carbones qui fournissent un *oxyde graphitique* : cette dénomination se trouvera ainsi définie d'une manière précise, et qui ne donnera plus lieu aux anciennes équi- voques.

La méthode d'analyse que je viens de décrire ne s'appli- que pas seulement aux variétés pures, mais aussi à leur mé- lange.

1° Soit, par exemple, un mélange de carbone amorphe et de diamant. En le traitant à plusieurs reprises par les réactifs ci-dessus désignés, on parvient à dissoudre entièrement le carbone-amorphe; tandis que le diamant demeure inaltéré à la fin des expériences.

Comptes rendus, t. LIX, p. 819.
Spécialement par Despretz.
Le nom d'*oxyde graphitique* conviendrait mieux, car il ne forme sels.
J'ai opéré sur de la poudre de diamant ordinaire et sur de la pou- diamant noir, que MM. Halphen avaient bien voulu mettre à ma ition avec cette libéralité si souvent éprouvée par les savants.

(1) Ces lavages doivent être assez prolongés pour dissoudre les sels potassiques.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. IX, p. 475.

2° Soit un mélange de graphite et de carbone-amorphe. Le carbone-amorphe finit par être entièrement dissous, à la suite de traitements réitérés; tandis que le graphite donne naissance à un oxyde graphitique insoluble, jaune ou jaune-verdâtre, et décomposable avec une sorte de déflagration. On peut détruire ensuite l'oxyde graphitique, comme il va être dit, de façon à faire disparaître à la fin la totalité du carbone mis en expérience.

3° Soit enfin un mélange de diamant, de graphite et de carbone-amorphe. A la suite d'un certain nombre de traitements, le carbone-amorphe finit par se dissoudre entièrement, en laissant un mélange d'oxyde graphitique et de diamant. Ce mélange ne peut pas être résolu par les dissolvants. Mais on peut isoler le diamant, comme il suit. On dessèche le mélange, puis on le chauffe dans un tube fermé par un bout; l'oxyde graphitique se détruit, en laissant de l'oxyde pyrographitique. Or, ce dernier, oxydé de nouveau par le chlorate de potasse et l'acide nitrique, forme des produits solubles et une proportion d'oxyde graphitique, très-inférieure à celle que l'on a détruite d'abord. En décomposant ensuite par la chaleur ce nouvel oxyde graphitique, puis en réoxydant le nouvel oxyde pyrographitique, on obtient plus que des traces d'oxyde graphitique. En poursuivant ainsi, au bout de trois ou quatre traitements au plus, tout l'oxyde graphitique disparaît, et il ne reste plus que la poudre de diamant.

Il ne faudrait pas confondre avec le diamant certaines poudres dures et cristallines, constituées par des silicates ou de la silice, et que j'ai observées parfois comme dernier résidu. L'emploi de l'acide fluorhydrique, combiné au besoin avec celui de l'eau et des acides nitrique et sulfurique concentré, enfin avec celui du bisulfate de potasse, fait disparaître entièrement ce genre de résidu.

Tels sont les procédés que j'ai appliqués à l'étude des diverses variétés du carbone.

III

LES OXYDES GRAPHITIQUES ET LEURS DÉRIVÉS.

Les mots *carbone-amorphe* et *graphite* désignent chacun un certain nombre de variétés, distinctes non-seulement par les caractères de la variété isolée, mais aussi par ceux de ses dérivés. Par exemple, les corps que l'on obtient en oxydant les divers carbones-amorphes ne sont pas identiques : ils sont différents par leur teinte, par leur aptitude inégale soit à entrer en émulsion, soit à former avec l'eau des solutions précipitables par l'addition des substances salines, etc. Les carbones qui dérivent soit du coke, soit du noir de fumée, soit du charbon déposé dans les tubes, soit du charbon obtenu en décomposant la benzine par une quantité insuffisante d'acide iodhydrique à 280 degrés, et quelques autres encore, offrent des différences de ce genre, faciles à constater. Toutefois, l'état amorphe et incristallisable, l'absence de volatilité et de combinaisons définies, rendent l'étude approfondie de ces composés oxydés (1) extrêmement difficile; je me bornerai donc à les signaler d'une manière générale. Je rappellerai cependant que, d'après mes observations, le carbone pur, obtenu par la réaction du chlore sur le charbon de fusain au rouge-blanc, peut être ensuite oxydé par l'acide nitrique seul et changé en un composé soluble. Ce composé, traité par l'acide iodhydrique, à 280 degrés, fournit des carbures forméniques, $C^{2n} + H^{2n+2}$, liquides et gazeux. Le carbone pur, qui l'a engendré, ne possédait pas cette propriété; mais elle appartenait à la matière charbonneuse primitive. C'est en faisant concourir ainsi les agents d'oxydation et de réduction que l'étude comparée des diverses variétés de carbone-amorphe deviendra possible.

Il existe aussi plusieurs variétés distinctes de graphite; je vais en signaler spécialement trois, que j'ai réussi à caractériser, à savoir:

1° Le graphite de la plombagine naturelle;

2° Le graphite de la fonte;

3° Le graphite électrique, obtenu par la transformation des diverses variétés de carbone sous l'influence de l'arc voltaïque.

Ces trois graphites fournissent chacun un oxyde graphitique, un oxyde hydrographitique et un oxyde pyrographitique particuliers.

I. PLOMBAGINE (c'est la variété observée par M. Brodie). — 1. L'*oxyde graphitique* qui en dérive se présente, à l'état humide, sous la forme de paillettes micacées, d'un jaune pâle, insolubles dans tous les dissolvants, neutres, alcalins ou acides, et que les réactions oxydantes réitérées n'altèrent plus guère. Il ne renferme ni chlore ni azote.

Lorsqu'on le dessèche, même à la température ordinaire, il s'agglomère en plaques brunes, amorphes, tenaces, dans lesquelles la structure primitive a disparu. Ce caractère est essentiel dans l'oxyde de la plombagine, car il reparaît à la suite des diverses transformations subies par ledit oxyde. Par exemple, l'oxyde agglutiné reprend son aspect pailleté, lorsqu'on le chauffe avec un mélange d'acide nitrique et de chlorate de potasse; mais il s'agglomère de nouveau et redevient brun et amorphe pendant la dessiccation. Je montrerai bientôt que les mêmes propriétés spéciales reparaissent à la suite de métamorphoses plus profondes, telles que l'hydrogénation ou la décomposition par la chaleur. Elles se manifestent aussi dans l'oxyde préparé au moyen de la plombagine purifiée par le chlore, au rouge-blanc, des traces d'hydrogène qu'elle contenait encore.

Cette dernière expérience, pour le dire en passant, lève un doute que celles de M. Brodie laissaient peut-être subsister. En voyant l'oxydation de la plombagine fournir un oxyde qui contient de l'hydrogène, et que M. Brodie représente par la formule $C^{22}H^{4}O^{10}$, on aurait pu se demander si cet hydrogène ne dérive pas de l'hydrogène préexistant dans la plombagine. Celle-ci ne serait-elle pas, au même titre que les charbons d'origine organique, une sorte de carbure d'hydrogène à équivalent très-élevé ?

2. *Oxyde hydrographitique.* — L'hydrogénation modifie profondément les caractères de l'oxyde graphitique. J'ai opéré avec l'acide iodhydrique, lequel transforme en carbures d'hydrogène tous les composés organiques, et même les matières ulmiques, la houille, le charbon de bois, etc. L'oxyde graphitique a donc été chauffé à 280 degrés pendant plusieurs heures avec 80 parties d'acide iodhydrique (densité = 2,0). J'ai ob-

(1) Hatchett a observé, en 1806, une substance analogue, qu'il obtenait en traitant par l'acide nitrique diverses résines, bitumes et matières charbonneuses, substance qu'il appelait *tannin artificiel* (*Annales de chimie*, t. LVII, p. 113). M. Chevreul ne tarda pas à démontrer que ce n'était pas là du tannin véritable, mais un produit variable suivant son origine et renfermant les éléments nitriques (*Annales de chimie*, t. LXXIII, p. 36 et 191; 1810).

tenu ainsi (1) un composé nouveau, l'*oxyde hydrographitique*, plus hydrogéné, mais brun, amorphe, cohérent, insoluble dans tous les dissolvants, comme le corps primitif. L'oxyde hydrographitique se distingue très-nettement de l'oxyde graphitique, parce qu'il a perdu la propriété de se décomposer avec déflagration et boursouflement sous l'influence de la chaleur. Traité par un mélange de chlorate de potasse et d'acide nitrique, à trois reprises successives, il a reproduit l'oxyde graphitique qui l'avait engendré, avec toutes ses propriétés, même les plus spéciales.

Ainsi l'oxyde graphitique, traité par l'acide iodhydrique, se comporte tout autrement que les matières ulmiques et charbonneuses, auxquelles on serait porté à le comparer. Au lieu de fournir des carbures saturés, $C^{2n}H^{2n+2}$, dans les mêmes conditions d'hydrogénation, il se transforme en un hydrure aussi spécial que l'oxyde lui-même, et capable de le régénérer.

3. *Oxyde pyrographitique*.—C'est le produit que l'on obtient en détruisant par la chaleur (vers 250 degrés) l'oxyde graphitique, opération qui doit être faite sur de petites quantités à la fois, et en ayant soin qu'aucune parcelle n'échappe à l'action de la chaleur. C'est une poudre noire, légère, floconneuse, laquelle renferme encore de l'hydrogène et de l'oxygène. M. Brodie la représente par la formule $C^{44}H^{2}O^{8}$. Dans sa formation, on s'est rapproché de l'état chimique des matières charbonneuses ordinaires. Je m'en suis assuré, tant par oxydation que par hydrogénation.

Traité par le mélange ordinaire de chlorate de potasse et d'acide nitrique, l'oxyde pyrographitique se dissout presque entièrement, à la façon des carbones amorphes proprement dits; il ne reproduit ainsi qu'une faible proportion d'oxyde graphitique. L'oxyde régénéré offre toutes les propriétés, même les plus spéciales, de l'oxyde graphitique primitif.

Telles sont les propriétés de l'oxyde graphitique de la plombagine. Les autres graphites forment des séries parallèles, mais non identiques.

II. Graphite de la fonte (2). — 1. L'*oxyde graphitique* de la fonte se présente en écailles jaune-verdâtre, mieux développées que celles de l'oxyde de la plombagine, et qui ne s'agglomèrent en aucune façon pendant la dessiccation; elles subsistent avec une teinte jaune ou jaune-verdâtre toute spéciale. Ce caractère les distingue très-nettement de l'oxyde de la plombagine, d'autant plus qu'il reparaît à la suite des métamorphoses par hydrogénation ou décomposition pyrogénée.

2. *Oxyde hydrographitique*. — L'oxyde graphitique de la fonte, chauffé avec l'acide iodhydrique à 280 degrés, se transforme en une matière brune; mais cette matière conserve la propriété de se détruire avec boursouflement sous l'influence de la chaleur, propriété qui la distingue de l'oxyde hydrographitique de la plombagine, préparé dans des conditions tout à fait identiques. Celui de la fonte dégage en même temps une quantité d'iode très-considérable, et qui semble impliquer l'existence d'un composé iodé spécial. L'oxyde hydrographitique de la fonte, oxydé de nouveau, reproduit l'oxyde graphitique en écailles jaune-verdâtre, non agglutinables par la dessiccation, et douées des mêmes propriétés que l'oxyde primitif.

3. *Oxyde pyrographitique*. — L'oxyde graphitique de la fonte se détruit par la chaleur avec une déflagration plus vive et un boursouflement plus considérable que celui de la plombagine. L'oxyde pyrographitique correspondant se dissout dans un mélange d'acide nitrique et de chlorate de potasse d'une manière bien plus complète. Cependant il reproduit ainsi quelques écailles d'oxyde graphitique, douées exactement des mêmes propriétés que l'oxyde primitif, et distinctes de l'oxyde de la plombagine.

III. Graphite électrique. — 1. L'*oxyde graphitique* du graphite électrique offre l'aspect d'une poudre marron, laquelle ne s'agglomère pas sensiblement pendant la dessiccation. Ces caractères reparaissent à la suite des métamorphoses par hydrogénation ou décomposition pyrogénée.

2. *Oxyde hydrographitique*. — Cet oxyde ne se décompose pas avec boursouflement sous l'influence de la chaleur, pas plus que l'oxyde de la plombagine et contrairement à l'oxyde de la fonte. Oxydé de nouveau, il reproduit un oxyde graphitique pulvérulent, de teinte marron, et qui fournit un oxyde pyrographitique non floconneux.

3. *Oxyde pyrographitique*. — L'oxyde du graphite électrique se décompose avec déflagration; mais il laisse une poussière pesante, non floconneuse, laquelle se rassemble dans un petit espace, contrairement à ce qui arrive pour les oxydes de la plombagine et de la fonte. Oxydé de nouveau, cet oxyde pyrographitique disparaît presque en totalité, sauf quelques grains d'oxyde graphitique, régénéré avec ses propriétés primitives.

Voilà les distinctions que j'ai observées entre les divers graphites : quelque délicates qu'elles soient, elles m'ont paru spécifiques. Une étude plus approfondie en révélera sans doute de nouvelles : mais je préfère m'attacher maintenant à un autre problème, à savoir : la transformation des oxydes graphitiques dans les composés organiques proprement dits.

IV

RELATIONS ENTRE LES COMPOSÉS GRAPHITIQUES ET LES COMPOSÉS ORGANIQUES PROPREMENT DITS.

Les oxydes graphitiques et leurs dérivés forment un groupe spécial, fort distinct des combinaisons ordinaires de la chimie organique : il s'agit maintenant de chercher quelles sont les relations entre ces deux ordres de composés, jusqu'à quel point elles peuvent être comparées à celles qui existent entre deux corps simples différents, enfin si elles sont explicables sans sortir du cercle des analogies tirées de l'étude des autres composés hydrocarbonés.

Dans cet ordre d'idées, le premier problème à résoudre c'est la transformation des composés graphitiques en composés organiques ordinaires, par exemple, en carbures d'hydrogène.

Rien n'est plus facile, lorsqu'on a recours à la chaleur, aidée de l'électricité. En effet, les divers carbones et graphites se combinent directement à l'hydrogène, sous l'influence de l'arc électrique, et donnent naissance à l'acétylène. Or, l'acétylène est un véritable composé organique, capable de former directement l'éthylène, la benzine, l'acide oxalique, l'acide cyanhydrique, etc., en un mot, tous les autres composés organiques proprement dits.

(1) En même temps, il se produit un grand volume d'hydrogène, lequel renferme un demi-centième de gaz des marais. L'oxyde hydrographitique retient une quantité notable d'iode, mécaniquement ou autrement, que l'acide sulfureux n'enlève pas.

(2) Des forges de Niderbronn (Bas-Rhin), donné par M. Boussingault.

On peut également former des carbures d'hydrogène avec les graphites, même en opérant par des réactions plus ménagées et à une température qui ne dépasse pas 280 degrés. Il suffit d'avoir recours au même artifice qui m'a déjà réussi pour le carbone amorphe. Au lieu d'opérer sur le carbone pur, lequel n'a pu être combiné avec l'hydrogène libre ou naissant, à basse température, on commence par oxyder le carbone, puis on fait intervenir l'action hydrogénante de l'acide iodhydrique.

On forme donc d'abord les oxydes graphitiques. A la vérité, ces oxydes ne fournissent pas immédiatement des carbures d'hydrogène sous l'influence de l'hydracide, lequel se borne à les changer en des oxydes hydrographitiques, doués de propriétés spéciales. Mais les oxydes pyrographitiques, qu'il est facile de préparer en chauffant les oxydes graphitiques, sont plus voisins que ces derniers de l'état de carbone amorphe et, dès lors, plus faciles soit à oxyder, soit à hydrogéner.

En effet, en chauffant l'oxyde pyrographitique de la plombagine avec 80 parties d'acide iodhydrique à 280 degrés, j'ai obtenu de l'hydrogène renfermant 6 centièmes de gaz des marais. Pour bien constater la nature du gaz carboné, j'ai eu recours à une méthode que j'emploie depuis plusieurs années dans les cas analogues. J'ai traité le mélange gazeux par l'alcool absolu, j'ai déterminé les quantités dissoutes, et j'ai fait l'analyse comparée du gaz non dissous et du gaz dissous, puis redégagé par ébullition : ce dernier était constitué par un mélange de 36 parties de gaz des marais et de 64 parties d'hydrogène. Un calcul convenable, fondé sur les données des expériences précédentes et sur les coefficients de solubilité, a prouvé que le carbure gazeux était bien réellement du gaz des marais, C^2H^4.

Ce carbure résulte donc de l'hydrogénation de l'oxyde pyrographitique. Cependant la totalité de la matière n'a pas éprouvé la transformation qui donne naissance au gaz des marais. Une portion considérable demeure sous la forme d'une poudre noire et charbonneuse. La composition de cette poudre est également changée ; car, lorsqu'on la soumet à l'action de la chaleur, elle dégage en petite quantité une vapeur inflammable qui paraît être de l'acétone. Le mélange d'acide nitrique et de chlorate de potasse change cette poudre entièrement en produits solubles, à l'exception de 1 à 2 millièmes d'oxyde graphitique, etc.

Les oxydes pyrographitiques dérivés de la fonte et du graphite électrique, se sont comportés d'une manière toute semblable à celui de la plombagine.

Tels sont les faits observés : ils montrent en même temps et la spécialité de constitution qui distingue les oxydes graphitiques des autres combinaisons organiques, et les conditions dans lesquelles cette spécialité s'efface peu à peu, de façon à rentrer dans le cadre des combinaisons ordinaires.

Cependant, il ne faudrait pas exagérer ces différences. Elles nous frappent surtout parce que nous sommes portés à comparer les oxydes graphitiques avec les composés hydrocarbonés gazeux ou volatils. Or, ce n'est point là, à mon avis, le véritable terme de comparaison auquel il convient de s'adresser. Je ferai observer d'abord que les produits d'oxydation des graphites ne diffèrent pas absolument des produits d'oxydation des carbones amorphes. Les uns et les autres sont fixes et représentent des corps très-condensés ; seulement les dérivés carboniques sont solubles et les dérivés graphitiques insolubles.

Le passage des caractères d'un groupe à ceux de l'autre devient même très-apparent lorsque l'on étudie certains composés oxydés, dérivés des carbones amorphes : par exemple, les dérivés des charbons produits en traitant la benzine ou la naphtaline par l'acide iodhydrique. Ces dérivés, dis-je, sont jaune-foncé, amorphes et précipitables par les sels de leur solution ou émulsion aqueuse ; ce sont des composés intermédiaires entre les oxydes graphitiques et les oxydes des carbones amorphes.

Les derniers oxydes eux-mêmes ressemblent beaucoup aux produits d'oxydation des matières ulmiques et des autres composés condensés analogues, composés que l'on néglige en général en chimie organique, à cause des difficultés que présente leur étude, mais qui n'en jouent pas moins un rôle essentiel dans les transformations de la tourbe, du terreau et dans la végétation elle-même.

Ajoutons d'ailleurs que les propriétés des oxydes graphitiques, quelque singulières qu'elles semblent à première vue, ne sont pourtant pas sans analogues. En effet, la décomposition brusque des oxydes graphitiques est accompagnée par ces mêmes formations d'eau et d'acide carbonique, qui accompagnent la décomposition des acides fixes et autres composés organiques très-oxygénés. Le vif dégagement de chaleur qui se produit en même temps peut être également observé, quoique avec moins d'intensité, dans la décomposition pyrogénée des acides et des hydrates de carbone. Les houilles elles-mêmes, d'après M. Scheurer-Kestner, dégagent, en brûlant, plus de chaleur que leurs éléments.

C'est donc aux hydrates de carbone et aux matières ulmiques que l'on peut comparer avec le plus de vraisemblance les graphites, les carbones amorphes et leurs dérivés. Or, dans la série des décompositions graduelles que l'on peut faire subir aux principes organiques, toutes les fois que ces décompositions s'opèrent par condensation moléculaire, les composés bruns et ulmiques précèdent immédiatement les matières charbonneuses, qui semblent encore plus condensées, et celles-ci précèdent à leur tour les charbons proprement dits. Ce qui démontre la structure spéciale de tous ces composés, ce n'est pas seulement leur origine, mais aussi l'action hydrogénante de l'acide iodhydrique. Elle reproduit en effet les carbures saturés correspondant à leurs générateurs, soit avec les matières charbonneuses elles-mêmes, soit avec les produits de leur oxydation.

Il semble donc que les diverses variétés de carbone amorphe représentent certains états polymériques du véritable élément carbone, tel qu'il existe dans les combinaisons hydrocarbonées les plus répandues.

La même conclusion me semble applicable aux divers graphites. En effet, je montrerai bientôt que les composés du carbone les plus simples se séparent en deux groupes, selon qu'ils reproduisent, par leur décomposition, des carbones amorphes proprement dits ou bien des carbones graphites. Toutes ces substances seraient donc des polymères du véritable élément carbone, lequel n'est pas encore connu, à supposer qu'il puisse exister à l'état libre et sous une forme non condensée comparable à celle des éléments gazeux, tels que le chlore, l'oxygène, l'hydrogène.

M. BERTHELOT.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE NUMÉRO 49 6 NOVEMBRE 1869

Paris, 5 novembre 1869.

L'Association scientifique de France tiendra séance lundi prochain, à huit heures du soir, à l'Observatoire de Paris. Voici l'ordre du jour de cette séance et des suivantes :

Visite au mont Cenis : exposé de la partie scientifique de la marche des travaux, par M. CAZIN.

Origine cosmique des bolides : association du public aux observations nécessaires pour l'avancement de cette partie de l'astronomie, par M. LE VERRIER.

De l'alimentation aux différents âges de la vie : l'enfant, l'adulte, le vieillard, par M. JULES GUÉRIN.

Les réactions chimiques de la lumière, par M. MORREN, doyen de la Faculté des sciences de Marseille.

De l'interférence des ondes dans les liquides, par M. LISSAJOUS.

Expériences de M. LALLEMAND (de la Faculté des sciences de Montpellier), sur la propagation de la lumière polarisée dans les liquides.

— L'essaim d'astéroïdes des 12-14 novembre va bientôt faire son apparition. L'Association scientifique de France organise, surtout à Marseille, pour déterminer la direction et la distance de ces astéroïdes, des observations qui promettent d'être fructueuses et pour lesquelles elle fait appel aux volontaires de la science. Voici quelques passages des instructions dressées pour ceux qui voudront y concourir :

L'indication de la direction du mouvement exige que l'observateur connaisse le ciel. Nous fournissons des cartes sur lesquelles sont indiquées les grandeurs et les noms des étoiles visibles à chaque heure de la nuit. La détermination de la distance exige un réseau d'observateurs. Chacune des stations effectives est informée des stations avec lesquelles elle se trouve en relation éloignée ou immédiate.

Il est enfin nécessaire de pouvoir reconnaître quelles sont les observations d'un même astéroïde faites simultanément dans deux stations ; à cet effet, on disposera des chronomètres réglés très-exactement les uns sur les autres, et soir et le matin par des signaux télégraphiques.

Quatre cartes, remises aux observateurs, représentant l'état du ciel : la première à huit heures et demie du soir, la seconde à onze heures, la troisième à onze heures et demie du matin, et la quatrième à quatre heures. Elles suffiront pour toutes les heures de la nuit.

Nous conseillons à l'observateur de placer sa carte sur une table, de l'y fixer, de la coller même sur une planchette, si l'on craint du vent, et de l'éclairer par une lampe munie d'un abat-jour. Les points cardinaux indiqués sur la carte seront convenablement orientés. Cela fait, supposons que l'observateur, muni de la première carte et surveillant la région est et sud-est du ciel, voie passer un astéroïde entre ζ et β Taureau au tiers de leur distance à partir de ζ, et que, l'ayant suivi dans sa course, il le voie passer sur α Poissons. Il devra noter ces circonstances. Nous ne lui conseillons point de les écrire sur un carnet, l'expérience a montré qu'il vaut mieux le faire sur la carte elle-même. Avec un bon crayon, on tracera une ligne passant par les points ci-dessus indiqués, et qu'on précisera avec soin. Dans l'exemple choisi, on marquera d'une petite croix le point où la ligne passe entre ζ et β Taureau, et d'une autre petite croix son arrivée sur α Poissons. Le long de la ligne, on indiquera par une flèche très-simple la direction du mouvement. Enfin, le long de cette même ligne, on écrira l'heure, la minute et la seconde du commencement de l'apparition.

ÉCOLE DE MÉDECINE DE CLEVELAND (OHIO)

(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE)

COURS DE M. J. H. SALISBURY

Causes des fièvres intermittentes et rémittentes

Toutes les opinions formulées jusqu'ici sur les maladies des marais (*malarious*) ont été purement hypothétiques. Personne n'a entrepris une série de recherches minutieuses sur l'expectoration et les autres sécrétions de l'économie, sur les corps étrangers suspendus pendant la nuit dans l'air des pays marécageux et par conséquent respirés, sur la véritable origine de ces productions anormales, enfin sur le développement de paroxysmes intermittents dus à l'influence de ces corpuscules.

Par une longue série d'expériences sur les *camp diseases*, sur les maladies des végétaux, comme la *curl in peach leaves* et la *blight* des pommes, des poires, des coings, etc.; en étudiant d'un autre côté les causes et les résultats de la fermentation, de la gangrène, de la putréfaction, ainsi que les changements qui surviennent dans les tissus malades; enfin, après quelques expériences sur les corps étrangers suspendus dans l'atmosphère, je fus conduit à rechercher les causes des fièvres et spécialement de celles qui affectent le type intermittent.

En 1862, la fièvre intermittente apparut pendant le mois de mai dans les riches districts marécageux des vallées de l'Ohio et du Mississippi; toutefois elle ne prit aucune extension avant les mois de juillet et d'août. Le temps fut extraordinairement humide jusque vers le 1er juillet; mais pendant les mois de juillet, août et septembre, il n'y eut pour ainsi dire pas de pluie. Les sources et les cours d'eau furent presque taris; les marais, les terrains humides se desséchèrent, la végétation s'arrêta presque entièrement, et toute la contrée offrit les signes d'une extrême aridité. Peu après le début de cette sécheresse, la fièvre intermittente fit son apparition dans tous les districts malsains, et prit une si rapide extension pendant les mois de juillet et d'août, qu'elle atteignit presque chaque famille vivant dans les terrains fiévreux.

Les observations débutèrent par l'examen microscopique de l'expectoration de tous ceux qui, atteints de la maladie, demeuraient dans les endroits fiévreux et étaient exposés le soir, la nuit et le matin aux exhalaisons et aux vapeurs épaisses, froides et humides, provenant des étangs, des marais et des terrains bas et inondés. En un mot, ces recherches furent faites sur des sujets qui, complétement plongés dans une atmosphère malsaine, étaient déjà plus ou moins atteints de symptômes d'empoisonnement miasmatique.

L'examen porta sur les premières sécrétions salivaires et sur le mucus de l'expectoration du matin. Ces sécrétions offrirent une grande quantité de *zoosporoïd cells*, d'animalcules, de *diatoms*, de *dismidiæ*, de cellules et de filaments d'algues, et de spores *fungoïd*. Les seuls corpuscules, constamment trouvés dans tous les examens, et généralement en grande abondance, furent de petites cellules oblongues, isolées ou agglomérées, offrant un nucléus distinct entouré par une enveloppe cellulaire lisse, et présentant un point sensiblement plus clair ressemblant à un espace vide situé entre la paroi cellulaire et le noyau. Ces caractères tout spéciaux me convainquirent, de bonne heure, que ces productions n'étaient pas *fungoïd*, mais bien des cellules d'un genre d'algues (*algoïd*), ressemblant fortement aux *palmellæ*. Ces observations furent répétées sur un grand nombre d'individus des pays bas et fiévreux, et sur des personnes habitant des terrains élevés éloignés de l'influence marécageuse.

Toutes les fois qu'on examina les sécrétions muqueuses des personnes résidant au-dessus du niveau des régions à fièvre, les corpuscules précédemment décrits furent toujours absents; tandis que leur présence fut constante au-dessous de la limite la plus élevée des pays fiévreux. Les *diastoms*, les *dismidiæ*, les spores *fungoïds*, et les animalcules se retrouvaient à toutes les hauteurs situées au-dessus de cette limite des fièvres. Toutefois ces productions existaient surtout au voisinage des terrains élevés, mais humides, et aux environs des cours d'eau.

Après m'être bien assuré que ces petites cellules sont les seules particules, dont l'existence puisse être considérée comme constante dans les pays marécageux, tandis qu'elles n'existent jamais en dehors de ces pays, il me fallait faire un second pas, rechercher leur origine et leurs caractères.

Dans ce but, je suspendis des lames de verre rectangulaires de seize pouces sur vingt-deux, à environ un pied au-dessus de la surface des marais stagnants et des terrains en partie submergés. Ces lames de verre furent placées horizontalement, chacune reposant sur quatre chevilles, correspondant aux quatre coins de la plaque. Les plaques étaient mises en place à la brume et enlevées le matin avant le lever du soleil.

Dans tous les cas, la face inférieure de la lame de verre était couverte de larges gouttes d'eau, et cette vapeur condensée était soumise à un minutieux examen microscopique. Beaucoup des cellules qu'on rencontrait dans l'expectoration y furent découvertes, mais on ne put y constater la présence des cellules oblongues si caractéristiques et si constantes dans l'expectoration du matin ; cellules oblongues qu'on découvrit en nombre considérable sur la face *supérieure* des mêmes lames de verre. Je répétai ces expériences un grand nombre de fois, toujours la nuit et dans des localités fort éloignées les unes des autres, et j'obtins constamment les mêmes résultats.

En allant placer les lames de verre dans les marais d'eau stagnante et les terrains marécageux situés au sud-est de la ville de Lancaster (Ohio), j'eus à traverser une riche prairie tourbeuse récemment desséchée, et dont la surface portait les empreintes des pieds des bestiaux.

Je remarquai qu'en se promenant sur ce terrain, on percevait une sensation toute particulière de sécheresse fiévreuse dans la gorge et l'isthme du gosier, sensation qui s'étendait souvent à toute la muqueuse pulmonaire ; et je constatai, au retour, que mon expectoration était uniformément remplie des cellules oblongues décrites plus haut. Ces faits attirèrent mon attention sur les parties de la prairie partiellement desséchée, où la surface du sol était récemment crevassée par les pieds des bestiaux, et je vis, sur cette terre fraîchement exposée à l'air, une sorte de terreau blanchâtre. Je plaçai en ces points mes lames de verre, et, le matin suivant, je constatai avec grand plaisir que la face inférieure de mes lames était couverte des petites cellules que je cherchais. Je retournai de suite au marais et j'y recueillis des échantillons de terre fraîche, recouverte ou non d'incrustations, et des portions du gazon marécageux. En plaçant un fragment de ces cristallisations sous le microscope, je vis de suite qu'elles étaient formées par des masses agrégées de petites cellules, qui n'étaient autres que celles qu'on trouvait si constamment dans l'expectoration des sujets exposés aux vapeurs épaisses et fraîches des milieux fiévreux. On découvrit plus tard que ces cellules étaient *algoïd* et provenaient de plantes à type *palmelloïd*, comme je l'avais déjà soupçonné ; enfin qu'il y en avait de différentes espèces, et que les plus volumineuses d'entre elles produisaient plusieurs variétés de *mucidinous fungi*.

L'endroit où ces premiers résultats furent obtenus est situé au sud-est de la ville de Lancaster, entre le canal et le chemin de fer, juste à l'est de la fabrique et du dépôt d'amidon. Là s'étend, au sud-est, le long du canal, une prairie basse et tourbeuse, et les vallées voisines sont basses et humides. Le quartier de la ville (3e quartier) attenant à cette prairie, et toute la partie qui ne s'élève pas au-dessus d'une ligne située à trente-cinq ou quarante pieds de la surface de la prairie, ont toujours été un terrain fertile pour les accès intermittents. Les personnes qui habitent tout près du marécage sont tous les ans exposées aux fièvres depuis le mois de mai jusqu'en novembre. Août et septembre sont ordinairement les mois pendant lesquels les fièvres sont les plus graves.

Pour déterminer à quelle hauteur au-dessus des terrains bas s'élevaient les corps trouvés à la face inférieure des lames de verre, soit pendant la nuit, soit pendant le jour, on employa un petit appareil consistant en un écran de verre disposé perpendiculairement, au-devant duquel était placé un grand entonnoir, dont l'embouchure s'éloignait de l'écran (*pointing*), tandis que la petite ouverture en était distante d'un demi-pouce. Cet instrument monté sur un pivot était construit de telle façon que la force de l'air maintenait l'embouchure de l'entonnoir dirigée du côté du vent. Quand on voulait faire une observation, on recouvrait l'écran d'une solution concentrée de *chloride de calcium*, et l'appareil était suspendu et abandonné pendant une heure à la hauteur à laquelle on voulait expérimenter. Le vent s'engouffrant dans l'entonnoir et tombant sur l'enduit de calcium de l'écran, y déposait ses petites particules. En examinant au microscope le liquide formé sur la lame de verre, on pouvait déterminer la nature de tous les corps flottants dans l'atmosphère. C'est en suspendant cet appareil à différentes hauteurs, au-dessus des marécages à fièvre, et à toutes les heures de la nuit et du jour, qu'on arriva aux conclusions suivantes :

1° Les spores cryptogamiques et les autres corpuscules sont élevés au-dessus du sol surtout pendant la nuit. Ils s'élèvent et restent suspendus dans les exhalaisons froides et brumeuses de la terre après le coucher du soleil, et retombent sur le sol peu après le lever du soleil.

2° A la latitude de l'Ohio, ces corps montent rarement à plus de trente-cinq à soixante pieds au-dessus des terrains bas ; dans les régions septentrionales et centrales de l'Ohio

élèvent de trente-cinq à quarante-cinq pieds, tandis sud ils atteignent de quarante à soixante pieds.

À Nashville et à Memphis, cette hauteur va de soixante à pieds.

Au-dessus du niveau des exhalaisons nocturnes, ces sporules ne se montrent pas et les fièvres intermittentes paraissent pas.

Pendant le jour, l'air des districts fiévreux ne contient pas un seul de ces spores *palmelloïds* et ne renferme donc une des causes qui donnent naissance aux accès fébriles.

Dans le but de décrire avec soin les symptômes de la fièvre se développant dans la bouche, la gorge, l'isthme du gosier, et les poumons par suite de l'inhalation des cellules et corps *sporoïds*, provenant des végétaux qui formaient ces de cristallisations sur la terre fraîchement découverte des terrains marécageux, je me rendis (le 2 septembre 1862) au marais dont j'ai parlé plus haut, et j'y passai quelque temps à m'y promener, examinant les cristallisations et en recueillant des échantillons pour un examen microscopique ultérieur. Très-peu de temps après mon arrivée, je commençai à percevoir une sensation de sécheresse, de chaleur et de constriction dans la bouche, l'isthme du gosier et la gorge. Cette sensation augmenta notablement jusqu'à ce que l'isthme du pharynx et la gorge fussent le siége d'une chaleur vive et fébrile fort désagréable.

Lors de la déglutition, les parois pharyngiennes adhéraient entre elles, n'étant plus lubrifiées par leur sécrétion normale qui semblait entièrement tarie. Il existait en outre un besoin constant d'avaler, de tousser (*hawk*) et de cracher, sans pouvoir toutefois modifier en bien ou en mal cette sensation de sécheresse et de constriction fiévreuse du pharynx. Cette sensation s'étendit bientôt jusqu'aux bronches et aux poumons, la muqueuse devint sèche, brûlante, et semblait le siége d'une constriction anormale avec sensation de congestion et de douleur énervante. Quand j'eus quitté le marais, ces symptômes tout particuliers durèrent encore deux heures avant de disparaître complétement.

Les miasmes inhalés semblent donc être un véritable poison pour les surfaces muqueuses avec lesquelles ils se mettent en contact; et celles-ci paraissent réagir contre eux en supprimant leurs sécrétions et leur absorption jusqu'à ce que ces spores empoisonnées soient rejetées par les efforts de déglutition, de toux et l'expectoration qu'ils déterminent.

Le 3 septembre, au matin, je retournai visiter le marécage pour y recueillir plusieurs échantillons pour les examiner, et dans le but d'étudier encore les symptômes produits par l'inhalation des miasmes des marais fiévreux. Je m'y promenai pendant une demi-heure, et la même série de symptômes que j'avais éprouvés déjà ne tarda point à se manifester; ils furent toujours aussi pénibles et durèrent à peu près aussi longtemps. Le soir du même jour, à la brume, j'allai encore au marais pour y placer les plans de verre; j'y restai environ 15 minutes; cependant à peine avais-je quitté ce terrain que la sécheresse, la constriction et la sensation fébrile se firent sentir à la gorge, à l'isthme du gosier : j'éprouvai la même série de phénomènes qui s'étaient produits lors des visites précédentes. Jusqu'à la fin du mois d'octobre, je visitai fréquemment ce marécage ou d'autres endroits analogues, et toujours j'obtins les mêmes résultats.

Le 8 septembre, je priai le docteur Effinger de m'accompagner dans le marais, afin de savoir s'il serait atteint des mêmes symptômes que moi. Quelques minutes après notre arrivée, les phénomènes morbides se manifestèrent chez lui comme chez moi, et il les décrivit absolument comme je les avais ressentis. Le 20 septembre, le docteur Boerstler, se promenant avec moi dans le terrain marécageux, fut pris des mêmes symptômes. Le docteur Boerstler fit alors la remarque qu'il avait déjà éprouvé des phénomènes identiques ou au moins analogues, mais sans pouvoir en déterminer la cause. Enfin, beaucoup d'autres personnes avec lesquelles je visitai les terrains fiévreux furent atteintes invariablement de la même série de symptômes.

Les seuls corps étrangers rencontrés d'une façon constante dans l'expectoration des sujets atteints des phénomènes précédents après une promenade sur les terrains fiévreux, et dans la même sécrétion, chez ceux qui vivaient plongés au milieu des émanations nocturnes des terres marécageuses, ce furent les petites cellules *palmelloïd* précédemment décrites. On découvrit que ces cellules provenaient des plantes *palmelloïds* qui végètent en grande quantité sur le sol desséché des marais fiévreux pendant la prédominance des fièvres intermittentes. On en conclut que les petites cellules provenant de ces végétaux inférieurs sont capables d'exciter une fièvre locale sur les muqueuses avec lesquelles elles se mettent en contact immédiat. De plus, il parut presque démontré, d'après ce qui précède, que, par une exposition répétée et continue à l'action de ces corpuscules, il peut se produire une fièvre générale affectant le type intermittent ou le type rémittent. Ces propositions paraîtront plus évidentes après une lecture attentive des observations et des expériences qui suivent.

Au nord-ouest de Lancaster, au voisinage d'un vieux canal de moulin, est un district d'une étendue considérable dont la population est ordinairement atteinte par les fièvres intermittentes. Je visitai le pays le 12 septembre, dans le but de déterminer la cause locale de cette maladie. Immédiatement à l'ouest du district infecté se trouve une grande et riche prairie marécageuse; à quelques perches au sud et aussi à l'ouest du moulin, je découvris des *palmellæ* à fièvre; celles-ci végétaient en grand nombre et couvraient le sol dans les endroits où la surface venait d'être remuée, soit par les taupes, soit par les pieds des animaux domestiques. En résumé, dans tous les points de la prairie où la terre avait été récemment exposée au contact de l'air, les *palmellæ* s'étaient développées en quantité. Pendant que j'en recueillais des échantillons pour l'examen microscopique', je fus pris des singuliers symptômes de fièvre locale précédemment décrits.

Au côté nord de Lancaster, immédiatement à l'ouest et au sud de *Mount Pleasant*, se trouve une autre contrée où règne un type de fièvre qui affecte la forme la plus mauvaise et donne souvent naissance à la fièvre continue ou rémittente. Une longue bande de terrains bas traverse le pays, et le long de ces terrains se trouvent des flaques d'eau. Or, autour de ces mares, sur le sol humide et crevassé environnant, je rencontrai à profusion les *palmellæ* à fièvre; et pendant que j'en recueillais des spécimens, je fus encore atteint de tous les symptômes de la fièvre locale décrite plus haut.

Sur la route de *Colombus*, à environ un mille N.-O. de Lancaster, dans la ferme touchant au nord la vieille place *Tallmadge*, apparut subitement vers le milieu de septembre un cas grave de fièvre intermittente développé chez un jeune homme fort et plein de santé. Cet endroit avait été jusqu'alors épargné par les fièvres. Je visitai le pays avec le docteur

Effinger qui soignait le malade. A environ quinze perches au sud de la ferme, nous vîmes un fossé long de dix perches traversant une pièce de terre noirâtre, basse et humide : or, le terrain était fraîchement remué et les berges du fossé couvertes de *palmellæ* à fièvre. Pendant que nous explorions le sol situé le long du fossé, la bouche, la gorge, les surfaces bronchiques et pulmonaires se desséchèrent et devinrent le siége d'une véritable congestion comme dans les cas qui précèdent. Ce fossé avait été creusé par le jeune malade, deux semaines environ avant son attaque fébrile.

Le 21 septembre, accompagné du docteur Effinger, je visitai M. C... et sa famille demeurant à 5 milles N.-O. de Lancaster, dans un pays jusqu'alors épargné par la fièvre intermittente. M. C... avait été pris le 1er septembre d'une fièvre grave à type tertiaire, et sa femme en avait été atteinte aussi vers le 3 du même mois. Les accès furent arrêtés le quatrième jour, grâce au quinine. Une rechute survenue vers le 15 septembre fut guérie au second accès. Mais le 21 du même mois M. C... et sa femme étaient encore très-débilités et offraient une teinte jaune pâle caractéristique. La maison de M. C... est bâtie au bord d'une terrasse peu élevée, placée à environ trente pieds au-dessus de la prairie qui, située du côté sud et sud-ouest, s'en approche de quinze perches. A cinquante perches S.-O. de l'habitation, un petit creek (*canal*) passe à travers cette prairie et se déverse dans le canal ; mais, pendant les pluies, ce *creek*, rempli de détritus, obstruait et embarrassait le canal. Aussi, depuis peu de temps, les *lessees (locataires)* du canal avaient-ils acheté à M. C... un acre de terrain, à l'entrée de ce creek, afin d'y faire creuser un réservoir destiné à recevoir les sédiments apportés par les eaux. Les ouvriers commencèrent l'excavation vers le milieu d'août ; le sol qu'ils travaillaient était une terre riche, grasse et tourbeuse renfermant de l'argile noire et bleue. Peu après le début du travail, les ouvriers furent atteints de la fièvre, et en quelque temps ils furent tous soumis à l'influence de cette maladie.

Le 1er septembre, M. C..., et le 3 madame C..., furent atteints du même type intermittent. Ce n'est que le 21 du même mois que le docteur Effinger et moi visitâmes l'excavation en question, où nous trouvâmes le terrain fraîchement remué, couvert de « plantes à fièvre » (*ague plants*). Pendant que nous en récoltions des échantillons, le docteur Effinger et moi nous fûmes atteints tous deux des symptômes de la fièvre locale déjà décrite, et M. C. qui nous accompagna jusqu'à l'excavation ressentit de si pénibles douleurs dans la gorge, l'isthme du gosier et les poumons, qu'il fut obligé de quitter la place. M. C... observa que lui et sa femme couchaient dans une chambre située à l'angle sud-est, et à l'étage inférieur de leur maison ; tandis que les enfants, au nombre de sept (depuis deux ans jusqu'à quatorze ans), logeaient au second étage, immédiatement au-dessus de leurs parents. Or, M. C. et sa femme furent pris de fièvre le 1er et le 3 septembre, alors que tous les enfants étaient épargnés par la maladie et restèrent très-bien portants. M. C. remarqua aussi que, le matin, de très-bonne heure, le brouillard provenant du réservoir s'étendait jusqu'à la maison, s'élevait aux deux tiers de la hauteur du premier étage, et pénétrait librement dans sa chambre à coucher en passant par la fenêtre ouverte. Cette vapeur avait la même odeur que le terrain couvert des plantes à fièvre, et elle déterminait les mêmes phénomènes fébriles du côté de la gorge et de l'isthme du gosier. Mais le brouillard ne s'élevait jamais à la hauteur de la fenêtre du second étage, où habitaient les enfants ; de plus, toujours d'après les observations de M. C..., cette vapeur se dissipait peu après l'apparition du soleil, alors que les enfants n'étaient pas encore levés. Enfin, il constata que tous ses voisins, placés soit à la même hauteur, soit plus bas que son habitation, étaient maintenant atteints de la fièvre.

Je signale ce cas spécial comme présentant un intérêt tout particulier ; il démontre d'une manière évidente l'existence d'une ligne de démarcation bien fixe et bien tranchée, indiquant la limite la plus élevée de l'invasion miasmatique, limite au-dessus de laquelle les causes productrices de la fièvre ne peuvent s'étendre.

Dans la moitié est de Lancaster, se trouve une colline d'une centaine d'acres d'étendue, sur les flancs et au sommet de laquelle se trouve bâti le plus beau quartier de la ville. Cette colline s'élève à la hauteur d'environ soixante pieds au-dessus des bas fonds de la prairie voisine, située au sud et au sud-est.

Les vapeurs nocturnes, épaisses et froides, qui proviennent de cette prairie arrivent jusqu'à environ quinze pieds du sommet de la colline ; et la partie supérieure de ces brouillards, vue des collines environnantes, avant le lever du soleil, apparaît comme une large surface plane, limitée par les hauteurs voisine. La ligne de démarcation, tracée autour de la colline par la limite supérieure de ces vapeurs, est horizontale et circonscrit nettement la région des fièvres. Tous ceux qui habitent au-dessus de cette ligne en sont exempts ; au contraire, tous ceux qui sont placés au-dessous d'elle sont sujets aux accès intermittents. Cette limite est si bien tranchée que parmi les personnes habitant les divers étages d'une même maison, celles qui logent dans les étages supérieurs sont indemnes de tout accès fébrile, tandis que les locataires des étages inférieurs sont tous très-fréquemment atteints de la fièvre. Et si par hasard il se manifeste quelques accès intermittents chez ceux qui vivent au-dessus de ce plan de démarcation des fièvres, c'est parmi des personnes qui hantent les régions inférieures soit le soir, soit de grand matin.

Pendant l'été de 1862 et surtout pendant les mois d'août et de septembre, la fièvre intermittente prit une extension remarquable dans la ville de Carrol, située sur le canal entre Lancaster et Colombus. La ville et la plus grande partie des pays voisins sont situés assez bas, et l'on rencontre beaucoup de flaques d'eau le long du canal. Pendant les mois d'août et de septembre, dans presque toutes les familles, jeunes ou vieux furent atteints par la fièvre ; les médecins eux-mêmes n'en furent pas exempts. A la même époque, je visitai ce pays à diverses reprises, et je constatai que les *palmellæ* à fièvre croissaient en abondance dans les flaques d'eau, en partie desséchées, situées près du canal, dans la ville et dans les environs. Le matin, je trouvai l'expectoration des malades plus ou moins remplie des petites cellules provenant de ces plantes.

On visita beaucoup d'autres pays où régnait la fièvre, et, dans tous les cas, sans aucune exception, on découvrit les *plantes à fièvre* au voisinage immédiat des lieux infestés par la maladie ; tandis qu'il n'y a pas d'exemple qu'on ait constaté la présence de ces plantes dans des endroits où les accès fébriles n'apparaissaient pas.

Un cas intéressant de la promptitude avec laquelle les émanations de ces *palmellæ febriles* donnent naissance à la maladie, s'est rencontré vers la fin de septembre, à un mille ouest de la ville de Lancaster. En ce point, à quelques perches au sud de la *pick*, à cinquante perches environ de la

nce du juge Van Tromp, existe un large étang qui t l'eau à un grand moulin à farine. Durant les mois et de septembre, l'eau de l'étang baissa, et les *palmellæ* irent en abondance sur la vase bourbeuse mise à sec retrait du niveau de l'eau.

uis l'époque d'apparition de cette végétation, jusqu'à de septembre, le vent souffla du sud, et comme il n'y pas d'habitation au nord de l'étang, il n'y eut pas de s. Vers la fin du mois, le temps se rafraîchit, le vent ea, souffla fortement du nord et du nord-est. Or, à n trente perches un peu sud-est de l'étang, est une col- ur le flanc de laquelle vivait une famille de travail- tous forts et bien portants, et jusque alors, épargnés par vres. Le vent soufflait donc directement du marais vers habitation, et au bout de quatre jours, plusieurs des ores de la famille tombèrent malades.

vent sauta encore brusquement au sud-est, soufflant de l'étang vers *Tollgate*, éloigné d'environ quarante per- En cet endroit résidait une famille dans laquelle on tait quatre petits enfants, et qui jusqu'ici avait été pte de tout accès fébrile. Le troisième ou le quatrième deux cas de fièvre se développèrent chez les enfants, et iprès, le père lui-même en fut atteint. C'est là un exem- ien intéressant de la transmission de l'influence mias- que par les vents. Ces familles avaient vécu presque mois au voisinage d'une abondante végétation de *pal- à fièvre* sans en être incommodées. L'étang étant ses bords escarpés et le sol environnant très-sec, aucun illard, aucune vapeur n'y naissait pendant la nuit et ne ndait le poison; de plus, les quelques matières septiques *rial*) qui provenaient de cet endroit étaient emportées le nord, par le vent qui soufflait alors. Mais lorsque le fut changé, et qu'il se mit à souffler de l'étang vers les tations voisines, la fièvre se développa peu de jours après.

exemple très-intéressant de l'apparition de la fièvre mittente dans un endroit où elle était inconnue jusqu'a- se montra à la résidence de M. John T. Brasee, à un et demi ouest de la ville de Lancaster, sur un terrain d'environ une centaine de pieds au-dessus du niveau tuel des fièvres, et assez éloigné des milieux marécageux. uis l'époque de la colonisation de ce pays (soixante-cinq , cette localité avait toujours été épargnée par les fièvres mittentes. La métairie est abondamment arrosée par de s sources fournissant une eau douce, pure, fraîche et ide. Près l'habitation de M. Brase, se trouve une de ces ces, qui jadis remplissait un grand étang poissonneux viron dix perches carrées de surface; mais il y a plusieurs ées, l'étang fut drainé, et le riche alluvion de son lit se uvrit d'une épaisse couche de gazon. Pour la première en juillet 1863, on remua à la bêche environ cinq per- carrées de cet alluvion, dans le but d'y cultiver du céleri la vigne; et les *palmellæ à fièvre* commencèrent à se trer sur le sol, fraîchement labouré, vers le 1er août. Une ie de ces *palmellæ* étaient blanches, comme celles qu'on contre d'ordinaire, tandis que d'autres offraient une cou- rouge brique, si bien que la surface du sol paraissait r été recouverte d'une mince couche de brique pilée. Le oût, M. Brasee et sa femme qui couchaient à l'étage infé- r de leur habitation se sentirent affaiblis, perdirent l'ap- t et éprouvèrent des douleurs dans les membres et dans os. Le 20 août, M. Brasee eut son premier accès qui appa- rut vers midi, dura trois heures et fut très-grave. Le 22, ma- dame Brasee eut son premier frisson, la durée de l'accès fut aussi d'environ trois heures, et offrit une certaine gravité. Le 23, le fermier et sa femme furent atteints de la fièvre.

La résidence de M. Brasee est placée à environ dix perches au nord de cette *terre à fièvre*, et la maison de son métayer en est éloignée d'à peu près quinze perches, mais vers le sud. Le 22 août, j'examinai avec soin la surface de la pièce de terre fraîchement remuée; elle était entièrement couverte de *palmellæ à fièvre*; celles qui poussaient sur les parties sèches et proéminentes du sol offraient une coloration blanche; tandis que celles qui étaient cachées dans les enfoncements et dans les endroits unis humides, présentaient la couleur de la brique. Toute la surface du sol semblait donc saupoudrée d'un mélange de brique et de chaux pulvérisées.

Aucun accès de fièvre n'apparut chez les personnes de la famille qui habitaient le second étage, et il ne se manifesta même chez elles aucun symptôme prémonitoire.

D'après mes conseils, le 24 août, on recouvrit la petite pièce de *terre à fièvre*, d'une couche de paille de six pouces d'épaisseur. En suspendant plusieurs nuits de suite mes lames de verre au-dessus de ce lit de paille, je n'obtins aucune trace des *plants* ou des spores *palmelloïdes*; tandis qu'auparavant elles en étaient couvertes chaque nuit.

Les quatre cas de fièvre cédèrent vite au traitement, et il n'y eut plus autre manifestation de cette maladie. Dans ces circonstances, la paille prévient le développement ultérieur des *palmellæ à fièvre*, et empêche les spores déjà mûrs de s'élever dans l'air avec les brouillards humides de la nuit.

J'observai un autre cas intéressant dans la ville de Colombus (Ohio). En visitant ce pays, vers la fin de septembre 1863, je rencontrai M. Théodore Thallmade, qui me raconta que tous ses enfants étaient atteints de la fièvre. Sa famille avait été passer quelques semaines à *White Sulphur Springs*, et depuis une quinzaine de jours, ils étaient tous revenus chez eux, forts et bien portants. Peu de temps après leur retour, un des enfants, puis un autre, furent pris par la fièvre; fait qui surprit beaucoup M. T. T., car jusqu'alors cette maladie n'était jamais apparue dans sa résidence. Pensant avec plaisir qu'il devait y avoir là quelque cause locale, je me rendis le lendemain matin à cette maison et j'examinai le terrain. Je découvris immédiatement une grande quantité de *palmellæ à fièvre*, juste derrière la cuisine, sur une sorte de terre humide et tourbeuse, que M. T. T. y avait apportée quelques semaines avant pour niveler le sol. Je l'engageai à recouvrir cette terre d'une couche épaisse de chaux vive et ceci fait, il n'y eut plus un seul cas de fièvre dans la famille.

C'est surtout pendant les mois de juillet, d'août et de septembre, que les *palmellæ à fièvre* se montrent en grand nombre sur le lit calcaire de la *Maumee* et de la *Miami*, dans l'Ohio; sur les terres noires et d'alluvion de la Wasbash et de ses affluents, dans l'Illinois et l'Indiana; dans les prairies fertiles des États précédents, du Missouri et de l'Yowa; enfin, sur les riches alluvions calcaires du Kentucky, du Tennessee et du Mississippi.

Partout où le sol n'est pas calcaire, où les eaux sont douces, les *palmellæ* à fièvre qu'on rencontre sont généralement blanches ou légèrement teintées en jaune et en vert. Les fièvres n'offrent ordinairement pas la forme congestive, les types fébriles sont mieux accentués; les organes d'élimination bien moins exposés à se déranger;

enfin les accès cèdent plus vite à l'influence tonique de la quinine et du fer. En somme, la fièvre est facilement enrayée et promptement guérie, à moins que l'organisme ne continue à rester exposé à l'action des causes qui déterminent cette maladie. Au contraire, dans les régions fiévreuses où l'eau est dure et le terrain fortement calcaire, les parties marécageuses ont une remarquable tendance à se couvrir de *palmellæ* pendant les mois de juillet, d'août et de septembre; *palmellæ* qui, plus fréquemment que celles qui poussent dans les terres non calcaires, offrent des colorations différentes. En effet, sur le sol calcaire, elles sont couleur d'œillet, rouge brique, verdâtres ou jaunâtres. Les *palmellæ* rouge brique et verdâtres prédominent. Dans ces pays, les fièvres intermittentes affectent plus souvent le type congestif, les fonctions des organes d'élimination (peau, muqueuses, foie et reins) sont plus fréquemment dérangées, et même en partie supprimées, d'où l'oxalurie, le *phosphoric states*; et dans ces conditions morbides, la quinine, le fer, l'arsenic, seuls ou combinés, agissent avec moins d'efficacité, tendent même à aggraver la maladie dans certains cas mauvais et de longue durée. Cependant si, dans ces formes graves, les fonctions des organes d'élimination sont maintenues à leur état normal ou même excitées par les diurétiques, les diaphorétiques, les expectorants et les altérants, les accès cèdent rapidement à l'action tonique et antiputride de la quinine et du fer.

College-Hill, à Nashville (Tennessee), s'élèvent à soixante-quinze ou cent pieds au-dessus du niveau du Cumberland, qui coule à l'entour au nord et à l'est. Au sommet est un plateau de six à dix acres d'étendue, où se trouvent l'Université de Tennessee et les habitations d'un certain nombre de personnes appartenant à cette université. Lorsque les forces fédérales chassèrent les confédérés de Nashville, tous les endroits élevés de la ville et de ses environs furent fortifiés pour défendre plus efficacement la place. La colline fut protégée par un fossé de six pieds de large sur quatre de profondeur et par la terre qui, provenant du fossé, fut rejetée au dehors. Cette défense circonscrivait les parties méridionale et orientale de la colline, qui fait face au pays voisin. Peu de temps après, les bâtiments de l'Université furent aménagés dans le but d'en faire un hôpital; et cette position semblait devoir être exceptionnellement favorable et saine, vu son aération et son élévation au-dessus de la ville et des pays voisins. Toutefois, dès l'apparition des chaleurs de mai et de juin, on s'aperçut que cette position élevée était malsaine et qu'il y naissait un type spécial de fièvre intermittente à forme congestive, très-grave, parfois même mortelle. Les gens de service étaient plus souvent atteints de cette maladie que les malades de l'hôpital, ce qui tenait probablement à ce que les premiers s'exposaient souvent aux vapeurs du matin et aux exhalaisons de l'extérieur, tandis que les derniers restaient bien plus renfermés dans les salles.

Ce type particulier de fièvre intermittente devint encore plus grave pendant les mois de juillet, d'août et de septembre. Le docteur Lynde, chirurgien traitant, pensait que cette influence malsaine (*malarious*) provenait des terrains bas, situés à l'est de la colline, au bord de la rivière, distants d'un demi-mille et placés à cent pieds au-dessous. Mais, après une enquête minutieuse, cette opinion fut regardée comme fort peu probable, car l'influence fiévreuse se faisait bien moins sentir dans ces bas-fonds qu'à College-Hill. En examinant soigneusement le sol des parois verticales du fossé creusé pour fortifier la ville, on le trouva entièrement couvert d'une végétation cryptogamique, formant une couche verdâtre dans certains points, colorée en rouge brique sur d'autres points. Des échantillons de ce terrain furent recueillis dans des boîtes pour les soumettre au microscope. Dès mon arrivée à Cincinnati, trois jours après, j'examinai avec grand soin cette végétation et je la trouvai composée de filaments verdâtres de conferves et de *palmellæ*, offrant une couleur vert pâle et rouge brique. Elle était très-abondante et très-féconde. Les *palmellæ* appartenaient aux différentes espèces qu'on rencontre dans les sols non calcaires et ressemblaient à celles des districts où les fièvres intermittentes prennent le type congestif. Le sol de la colline, qui n'avait pas été remué, était cependant légèrement recouvert de la même production. Ce fait fut aussi noté dans toute la ville et les environs, partout où il ne se manifestait aucune tendance fébrile. Toutefois, cette végétation ne fut trouvée en abondance que dans les endroits où le sol avait été récemment et profondément remué et où on l'avait travaillé pour la culture.

La ville de Nashville est bâtie sur une série de petites éminences conoïdes formées de terres calcaires, qui dominent de cinquante à soixante pieds le niveau de la rivière. Le calcaire apparaît à la surface ou presque à la surface du sol. Cela est tellement vrai que le roc est nu et dénudé sur au moins un quart de son étendue, tandis que le reste est recouvert d'une couche de deux pouces à quatre pieds d'épaisseur. Partout où est creusée une cave, elle est enfoncée dans le roc, et l'on peut en dire autant des égouts et des conduits souterrains. La pierre calcaire est ordinairement poreuse, friable ou résistante, et riche en débris fossiles. A College-Hill, la terre offre plus de profondeur que sur la plupart des collines voisines, et, à son sommet, existe un plateau plus large et plus uni. Or, le creusement de ce fossé de défense changea tellement l'état sanitaire de cette localité, qu'au lieu d'être l'endroit le plus salubre de Nashville et des environs, elle devint le pays le plus malsain et le plus sujet aux maladies.

Sur le sol calcaire de Liousville (Ky.) et de Jeffersonville située vis-à-vis, on trouve des espèces de *palmellæ* analogues à celles qu'on rencontre à Nashville; tous les endroits bas et calcaires de cette contrée sont plus ou moins fiévreux. Le pays situé au delà de Jeffersonville, où est bâti l'*U. S. G. Hospital*, sur le plateau de Chesnut-Hill, est très-malsain. Cet hôpital est construit sur le bord d'une terrasse basse située à soixante-dix perches (en arrière) de la rivière et à vingt pieds au-dessus de son niveau. Les terrains environnants étaient sillonnés d'égouts profonds, remplis d'eau stagnante, aujourd'hui entièrement comblés. Autour de la terrasse, sur près d'un mille de long, naissent des sources qui forment une bande de terrain marécageux de dix à vingt perches d'étendue. Le vent du sud souffle de ces marais vers l'hôpital. Or, ce sol, rempli d'un fumier noir et sablonneux, mélangé d'argile, produit une quantité de *palmellæ à fièvre* pendant les mois de juillet, d'août et de septembre. Sous ce point de vue, l'hôpital est bien malheureusement situé.

Pendant les mêmes mois, les terrains bas situés autour de Cincinnati et de Covington donnent naissance à un certain nombre de *palmellæ à fièvre* et sont malsains. On y rencontre la fièvre intermittente, affectant souvent une forme grave.

Camp Dennison. — A cet endroit est situé *Denison U. S. G. Hospital.* C'est à environ seize milles de Cincinnati, sur le *Little-Miami-Bottoms*, à peu près à vingt-cinq pieds du niveau

rivière. Le sol est calcaire et repose sur de la pierre ire). L'enclos de l'hôpital comprend cent quatre-vingts de pays montueux, à travers lequel passe une basse ;, ligne de drainage des collines voisines de la ri- Avant qu'on ne draine ce pays avec des fossés ou- et cela au printemps de 1863, le cinquième nord de ce n était humide, l'eau y stagnait jusqu'à ce qu'elle soit rée, la surface d'écoulement des eaux y étant à peine iée. Les habitations (*wards*) situées sur ce terrain it alors insalubres et leurs locataires très-sujets aux s intermittentes. Depuis que cet endroit a été drainé, bitations sont restées désertes. Pendant les mois de juil- août, de septembre et d'octobre, partout où le sol de cette du terrain a été exposé à l'air pour placer les drains ur creuser les fossés, on voit une couche verte de végé- cryptogamique offrant par places une coloration noire ie de l'encre. Cette végétation est formée en grande de filaments confervoïdes, terminés fréquemment par oranges lorsqu'ils sont mûrs. On constate l'existence s sporanges quand la végétation a pris une couleur noir e avec un reflet métallique. De nombreux plants pal- fdes sont mélangés avec ces filaments confervoïdes, et *lmellæ* sont de deux espèces, l'une verte et l'autre rouge ;. Quand ces végétaux mûrissent, ils se dessèchent et isent une multitude de petites spores, qui s'élèvent es exhalaisons de la nuit. Sur le sol calcaire, on trouve ; d'autres espèces mélangées qui offrent une colora- nétallique et plombée par réflexion, et présentent une ir d'un vert brun sale par transmission (1).

si loin que j'aie poussé mes recherches (et elles ont été tendues), je n'ai jamais observé un cas de fièvre inter- ite dans un endroit où je ne puisse trouver ces petites s. Réciproquement, je n'ai jamais constaté la présence de ces plantes dans un lieu habité, sans que les fièvres intermittentes ou rémittentes, et quelquefois les deux types, ne se soient développés, et cela en proportion de la vigueur et de l'étendue de cette végétation.

Dès que la chaleur sèche du printemps et de l'été fera évaporer la surface de l'eau et desséchera les parties du sol récemment exposées à l'air, dans les endroits bas et humides ou dans les marais tourbeux de certaines localités, on constatera l'apparition d'une sorte de poudre blanche, verte, jaunâtre, blanc-verdâtre et rouge-brique, répandue sur la terre. Cette couche, qui présente une plus grande épaisseur dans les endroits récemment crevassés, où le terrain est nouvellement remué, offre du reste des aspects fort divers, selon l'époque, la rapidité du dessèchement et certaines autres particularités du sol. Cette végétation n'est d'ailleurs pas limitée aux marais tourbeux et aux terres basses et humides en voie de dessiccation; elle est encore fréquente sur le lit desséché des rivières, des étangs, des marais et des fossés, sur les terrains calcaires, et même dans les plaines sablonneuses des localités humides. Sur le sol nouvellement remué et sec des riches prairies et des terrains humides, cette végétation est blanche et forme une couche bien moins épaisse qu'à la surface des marais tourbeux en partie desséchés. Cette différence tient à ce que, sur ces marais, il se développe des espèces plus volumineuses que celles qui prennent naissance dans les prairies et les terrains humides; et qu'en outre les petites espèces qui croissent dans ces derniers terrains sont aussi communes dans les tourbières. Ces plantes occupent les endroits élevés, les proéminences du sol, et ressemblent, à l'œil nu, à des cristallisations de matière saline. A mesure que le terrain se dessèche, les plantes se développent avec rapidité, se désagrègent vite, mettent leurs spores en liberté : celles-ci s'élèvent et restent suspendues dans les exhalaisons épaisses et humides de la nuit. Dans les États du nord et de l'ouest, les brouillards qui renferment les spores et les cellules de *palmellæ* s'élèvent ordinairement à une telle hauteur que leur limite supérieure est déterminée par un plan situé de trente-cinq à soixante pieds au-dessus de la surface des terrains à fièvre.

)n doit remarquer ici que les *palmellæ* appartiennent à l'orga- a végétale la plus inférieure qui soit connue. Les différentes de ce type, qui coexistent toujours avec la fièvre des marais, u le nom générique de *gemiasma* (terre, miasme).

iasma (Salisbury). Plantes ayant l'apparence de cellules consis- acune en une paroi extérieure mince, contenant une cellule ure remplie de petites spores, soit simples, soit aggrégées, se iant par dédoublement ou segmentation à la face interne d'une ane mère et provenant de spores. Couleurs variées, rouges, jaunes, blanches, plombées, etc. Il y a plusieurs espèces qui nt agir comme un poison « malalarial ». Les plantes rouge-bri- plombées se trouvent principalement dans les sols riches en ;, pendant que les variétés jaune-verdâtre et blanches se ren- it plus souvent dans les terrains dépourvus de calcaire.

ubra (Salisbury). Couleur rouge-brique. Donne au sol l'aspect errain saupoudré de poudre de brique. Produit des accès inter- ts à type congestif.

erdans (Salisbury). Couleur verte.

paludis (Salisbury). Couleur jaune-vert. Se trouve plus souvent s sols non calcaires.

lumbous (Salisbury). Couleur plombée par réflexion et brun- e sale par transmission de la lumière.

ilba (Salisbury). Couleur verdâtre ou jaune blanchâtre.

; toutes ces espèces, la masse de poussière ou les incrustations raissent sur le sol, sont ordinairement formées par une innom- quantité de petites spores échappées et tombées des plantes. Les etites de ces cellules organiques connues, sont les particules vé- qui s'élèvent dans les exhalaisons terrestres de la nuit.

iutre type consiste en protubérances gélatiniformes, isolées ou es, formées d'une même membrane externe, entourant une ma- élatineuse très-transparente, remplie de petites spores à double Ce type a reçu le nom générique de *Protuberans*.

uberans (Salisbury) (Agassiz donne ce nom à une espèce).

: celle-ci, les spores à double paroi sont développées dans une fronde très-transparente et comme gélatineuse, entourée d'une membrane mince et délicate. Elles affectent plusieurs nuances de vert, de jaune, de brun et peut-être d'autres couleurs.

Un autre type de plantes semble se multiplier par l'expansion latérale d'une mince lamelle ou couche gélatineuse, qui, comme dans la variété à protubérances, consiste en une membrane mère externe, dans laquelle est une matière gélatiniforme remplie d'une multitude de petites cellules à double paroi, s'échappant en grand nombre lorsque la lamelle se dessèche. Ce type est celui des *lamellæ* (Salisb.).

Tous ces genres ont des spores d'une structure semblable : ils sont très-souvent ovales ou plus ou moins oblongs et ont double paroi. Les spores des protubérances sont plus larges que ceux des autres genres, l'espace entre le nucléus et la paroi cellulaire externe plus marqué.

Dans les *Palmellæ*, il y a deux modes de génération, un par division et l'autre par les spores, et tous les deux se rencontrent souvent dans la même espèce. Ces plantes sont très-prolifiques; pendant les mois les plus chauds de l'été, elles poussent en quelques jours, et en quantité prodigieuse, sur le lit desséché des étangs, des marais stagnants, des fossés, sur le sol crevassé des terrains bas et humides, et enfin sur les nouvelles prairies des districts à fièvre (*malarious*).

Les espèces sont nombreuses, et toutes étaient considérées jadis comme innocentes. Cependant il paraît rationnel de croire que les petites espèces qui se développent en si grande abondance dans les endroits dont nous venons de parler et dont les spores s'élèvent et restent suspendues en grand nombre dans les brouillards des exhalaisons nocturnes des districts fiévreux, sont de véritables poisons pour les surfaces épithéliales avec lesquelles elles se mettent en contact, et sont ainsi la véritable cause des fièvres intermittentes et rémittentes.

La partie supérieure de ces brouillards forme une surface horizontale s'étendant de l'endroit où ils prennent naissance dans la direction déterminée par le vent. Les spores et les cellules *palmelloïdes* ont été trouvées disséminées dans ces vapeurs, mais jamais en dehors d'elles; toutefois, elles paraissent plus abondantes vers la partie supérieure que vers la partie inférieure de ces brouillards. Ceci explique un fait singulier et souvent noté, c'est qu'à une certaine distance au-dessus des terrains à fièvre, sur le penchant d'une colline par exemple, les fièvres sont plus fréquentes qu'à la surface même de ces terrains. La zone occupée par ces exhalaisons présente un état hygrométrique et une température propre, différant sensiblement de ceux des couches atmosphériques situées immédiatement au-dessus d'elles, et qui sont toujours plus chaudes et plus sèches.

Plantes contenues dans l'urine des fièvres intermittentes, et qui agissent comme cause efficiente de la maladie.— Dans le but d'arriver à un résultat général, touchant les corps anormaux qu'elles contiennent, les urines de plusieurs centaines de cas de fièvre intermittente et rémittente furent soumises à un minutieux examen microscopique. Dans quelques cas, l'urine fut recueillie avant toute espèce de traitement; dans d'autres, le traitement datait d'un petit nombre de jours et n'avait pas enrayé les accès ; enfin dans certaines circonstances les accès fébriles avaient été suspendus par la quinine, mais le poison fiévreux existait encore dans l'organisme.

L'urine était rendue, soit dans la période algide de la fièvre, soit pendant le stade de sueur, soit dans l'intervalle des accès ou lorsque ceux-ci avaient cessé depuis quelques jours.

Les résultats fournis par ces examens sont extrêmement intéressants. Ils établissent tout d'abord ce fait que les «*plantes à fièvre*», identiques avec celles qui croissent dans les terrains malsains, se développent constamment dans l'organisme du malade atteint de fièvre intermittente; et que les organes urinaires forment un débouché important pour l'élimination de cette végétation fébrile. Que les organes urinaires et l'appareil de la transpiration sont les principaux conduits par lesquels la nature s'efforce de délivrer l'organisme de la cause productrice de la fièvre, et sur lesquels le médecin doit s'efforcer d'agir à l'aide de tous les moyens dont il dispose pour déraciner la maladie.

Ils expliquent la principale raison pour laquelle la quinine supprime l'apparition intermittente des accès, mais qu'elle ne peut éliminer le poison qui infecte l'économie; et pourquoi les diurétiques, les diaphorétiques, les expectorants, sont des adjuvants si puissants pour éliminer de l'organisme les cryptogames malsains. D'un côté, la quinine fortifie l'économie par sa puissante action tonique sur le processus nutritif des tissus épithéliaux, et donne par cela même une telle force au système nerveux qu'il est capable de résister aux accès fébriles; mais on sait bien d'un autre côté qu'elle ne détruit pas la cause déterminante de la fièvre, quoique cependant elle puisse gêner quelque temps son développement ultérieur, en agissant comme elle le fait lors qu'elle arrête la multiplication des éléments végétaux du ferment.

Cette cause excitante doit être rejetée de l'organisme par les canaux excréteurs destinés par la nature à l'élimination des produits de désassimilation et anormaux; or, les principaux d'entre eux sont l'appareil sudoripare, les surfaces muqueuses et les organes urinaires. Ce processus d'élimination, nous a bientôt fait comprendre le rôle important que joue l'appareil de la sueur dans cette maladie; car c'est sur ce système excréteur que la nature agit puissamment, lors de ses efforts pour rejeter au dehors les productions anormales et toxiques de la fièvre. Le stade de sueur de l'accès intermittent est essentiellement un de ces efforts curatifs.

Ces examens microscopiques ont aussi établi ce fait, c'est que pendant la fièvre intermittente, l'urine contient des cellules de *torulæ* qui indiquent la présence de matière glycogène dans ce liquide. Durant l'accès, on trouve toujours aussi de la cholestérine dans cette excrétion. Ces deux produits, cholestérine et matière glycogène, existent dans le foie et la rate. La rate est, si l'on peut dire, la grande manufacture de cholestérine, mais en même temps elle produit quelque matière glycogène, ce qui est indiscutable vu le développement de cellules de *torulæ* dans la rate, quand on la sépare de l'organisme et qu'on l'abandonne à la putréfaction. Le foie est le grand appareil qui donne naissance à la matière glycogène. Quant aux reins, à l'état normal, ils ne forment ni n'excrètent jamais ces produits. Or, dans la fièvre intermittente, nous voyons que les fonctions du foie et de la rate, qui ont pour but la sécrétion de la matière glycogène et de la cholestérine, sont remplies en partie par les reins: ceci indique peut-être une sorte de métastase fonctionnelle, mais nous démontre sûrement l'existence de modifications survenues dans ces organes sous l'influence des cryptogames toxiques de la fièvre intermittente.

On trouve aussi uniformément répandus dans l'urine des spores d'une espèce de champignon (*fungus*), — assez commune, — se rapprochant du genre *Sphæroteca*. Ce champignon se rencontre ordinairement parmi les grandes espèces de *palmellæ* appartenant au genre *Protuberans*, ainsi que dans les poires, les pommes et les coings, où il produit la putréfaction. Je ne pense pas que les spores de cette plante aient quelque influence nuisible sur l'organisme, car on les rencontre souvent dans l'urine de personnes bien portantes.

Les *plants à fièvre* prennent dans l'urine l'aspect de petits flocons cotonneux si ténus, qu'ils sont difficilement appréciables à l'œil nu et existent en trop petit nombre pour troubler le liquide excrété. Leur nombre varie beaucoup selon les cas; ainsi, ils sont toujours plus abondants quand la maladie est grave et date de quelque temps. Ces flocons sont très-pâles et très-transparents; ils semblent développés en nombre considérable dans la vessie, les bassinets et les uretères. Dans quelques cas de fièvre de longue durée, on rencontre aussi un très-grand nombre de *yeats plants*, espèces de *Pennicillium* et d'*Aspergillus*; peu après l'excrétion de l'urine, le mycélium monte à la surface de ce liquide, donne naissance à des filaments fertiles et produit des fruits. C'est ainsi que pendant le mois de septembre, ces productions végétales furent trouvées en grand nombre dans l'urine de plusieurs malades qui avaient souffert de la fièvre une grande partie de l'été. Dans plusieurs circonstances de ce genre, j'ai vu la fièvre intermittente se transformer au bout de quelques semaines en fièvre continue à type typhoïde. Enfin, dans tous ces cas, les malades avaient été constamment en proie aux accès de la maladie, et étaient restés journellement exposés à l'influence de sa cause déterminante.

Plantes contenues dans l'urine de la fièvre intermittente et résultant d'un état pathologique particulier. — Les spores de *Penicilla* que l'on rencontre dans l'urine de tous les sujets atteints de fièvre intermittente, indiquent la présence de ma-

tière glycogène en voie de fermentation. Ces cellules sont en général plus abondantes dans les cas opiniâtres et de longue durée que dans les formes moyennes et récentes. Dans quelques circonstances, lorsque les malades étaient restés pendant plusieurs semaines sous l'influence d'une forme fébrile grave et rebelle (si bien qu'ils étaient exposés à des accès continuels) et avec tendance à un état typhoïde général, l'urine contenait de nombreux filaments *fongoïds* en voie d'évolution, qui résultaient du développement du mycélium des *Penicillia*, des *Aspergilli* ou des *Sphæroteci*. Dans ces cas opiniâtres de fièvre, l'urine éprouve très-rapidement la fermentation acétique, même avant d'être excrétée, ce qui s'annonce par le développement de filaments parmi les cryptogames existant déjà. Cette fermentation progresse si vite, que quelques heures après la miction de l'urine, la putréfaction commence et de petits flocons blancs et cotonneux, ou des touffes de filaments fertiles paraissent à la surface du liquide excrété. Ces productions portent bientôt des spores, lorsqu'elles appartiennent à l'un des genres suivants : *Penicillium*, *Aspergillus* ou *Sphæroteca*.

On rencontre souvent une très-belle espèce de *Penicillium* ayant des extrémités symétriques. Sa tige est divisée d'abord en quatre pédicules égaux qui montent contigus l'un à l'autre et qui se subdivisent bientôt en quatre pédicelles, portant chacune une longue traînée moniliforme de spores sphériques. Je ne sache pas que la présence de ces cryptogames dans l'urine soit dangereuse par elle-même, mais ils y indiquent l'existence de la matière glycogène et une rapide fermentation, phénomènes qui sont anormaux. Ces productions cryptogamiques sont donc très-probablement plutôt la conséquence que la cause des états pathologiques existants.

Expériences relatives à la production de la fièvre intermittente. — Dans le but d'obtenir des preuves encore plus positives de la relation intime qui existe entre la cause de la fièvre intermittente et la végétation des cryptogames qui apparaît sur les terrains humides et en voie de dessiccation, etc., je remplis six boîtes étamées avec de la terre prise à la surface d'une prairie marécageuse et extrêmement malsaine, terre qui était entièrement recouverte des *Palmellæ* précédemment décrites. Des portions de la superficie du sol furent découpées d'après la grandeur et la profondeur des boîtes et renfermées avec soin, en respectant autant que possible la surface recouverte de la végétation cryptogamique. Les couvercles placés ensuite sur les boîtes, celles-ci furent transportées dans un district élevé et montagneux, éloigné de cinq milles de toute localité fiévreuse et dans lequel on n'avait jamais observé un seul accès intermittent. Ce pays, placé à trois cents pieds au-dessus du niveau des cours d'eau voisins, était sec, sablonneux et couvert de rochers. Ce fut en cet endroit que je plaçai les boîtes remplies de cryptogames, sur l'appui d'une croisée située au deuxième étage et qui s'ouvrait dans la chambre à coucher de deux jeunes gens. J'enlevai les couvercles des boîtes et je donnai des instructions pour que ces dernières ne soient pas renversées et pour que la fenêtre restât toujours ouverte. Le quatrième jour, en suspendant un plan de verre au-dessus des boîtes et en le laissant en place pendant toute la nuit, on constata le lendemain matin que toute la face inférieure de la lame de verre était couverte de spores de *Palmellæ*, et de nombreuses cellules appartenant à la même espèce adhéraient à une autre lame suspendue dans la chambre et qu'on avait eu soin d'humecter avec une solution concentrée de *chloride de calcium*.

Le douzième jour, l'un des jeunes gens fut pris d'un accès bien marqué de fièvre intermittente, et le quatorzième jour l'autre jeune homme fut atteint de la maladie. Tous deux ressentaient déjà du malaise et de l'affaiblissement dès le sixième jour. Les trois stades des accès fébriles furent bien accusés ; dans les deux cas, la fièvre affecta le type tierce et fut aisément enrayée par la médication ordinaire. Quatre membres de la même famille couchaient à l'étage inférieur de la maison, mais aucun d'eux ne fut atteint de fièvre.

Cette expérience fut répétée en un autre endroit situé aux environs ; un jeune homme et deux garçons furent placés dans des conditions identiques avec celles que nous avons décrites en rapportant l'observation précédente. Dans ce cas, les deux garçons furent pris de fièvre, l'un le dixième jour, et l'autre le treizième jour de l'exposition aux émanations des boîtes ; tandis que le jeune homme échappa à toute atteinte.

Entraîné par d'autres occupations et vu la difficulté d'obtenir le consentement des sujets mis en expérience, je ne pus pousser plus loin cette partie de mes recherches. Toutefois, ces expériences sont déjà du plus grand intérêt, et confirment les observations qui précèdent (1).

Pathologie de la fièvre intermittente. — Dans la fièvre intermittente, les lésions sont le plus souvent limitées aux tissus épithéliaux, ce qui tend à prouver que la cause déterminante de la fièvre agit primitivement sur les cellules épithéliales mères; or, celles-ci ne peuvent qu'organiser les produits nourrissant les divers tissus ou détruire les produits de la décomposition interstitielle pour en faciliter la rapide élimination.

Ces lésions consistent dans l'altération et l'hypertrophie des tissus glandulaires ; elles résultent aussi de l'inflammation et de modifications survenues dans la structure et dans les fonctions des surfaces muqueuses, épidermiques et séreuses. Toutes les autres manifestations anormales sont donc symptomatiques de celles-ci, ou résultent d'altérations antérieures de l'organisme. Les diverses glandes de l'économie appartiennent certainement au tissu épithélial et sont formées le plus souvent de cellules épithéliales mères. La rapidité et l'étendue des altérations de ces tissus paraît en rapport avec leur importance, qu'ils organisent et assimilent les produits pour la nutrition, ou qu'ils les désorganisent pour leur élimination. De toutes les lésions constatées dans les cas suivis de mort, ce sont celles de la rate et du foie qui sont les plus fréquentes. La rate augmente de volume et de consistance, elle est friable, l'intérieur de son tissu est ramolli et composé d'une masse pulpeuse d'un rouge noirâtre, au milieu de laquelle se trouvent des portions fibrineuses de couleur plus claire.

Morgagni cite un cas où la rate pesait huit livres ; dans un autre cas rapporté par Bailly, le poids de la rate atteignait près de dix livres, et elle était presque entièrement convertie

(1) Un autre cas intéressant de la production de la fièvre intermittente sous l'influence de cette végétation cryptogamique fut observé pendant que ce travail était imprimé en partie. Vers le 1er novembre, après avoir montré, dans une de mes leçons, un large vase rempli de terre couverte de cette végétation, je le plaçai sous la table de travail du cabinet du docteur House. Ce vase était incomplétement recouvert d'un journal, et il fut oublié là. Quelques jours après, le docteur commença à ressentir des douleurs dans le dos et dans les membres ; et ces symptômes furent bientôt suivis d'un accès bien net de fièvre intermittente. Aussitôt cet événement, on se rappela l'existence du vase rempli de cryptogames et on l'enleva.

en bouillie. Enfin, dans certaines circonstances, la rate avait été déchirée et son tissu, altéré et ramolli, s'était épanché dans la cavité abdominale. Ces lésions indiquent une altération dans le processus de développement (*organizing*) des cellules mères épithéliales de l'économie. Il en résulte un dépôt, dans le tissu de la rate, des matières fibreuses et des autres produits du sang, dépôt qui donne lieu à l'hypertrophie (aussi appelée *ague-cake*, tumeur de la fièvre) de la glande, et conduit tôt ou tard à sa désorganisation, souvent même à sa désagrégation, si le malade n'est pas soustrait aux accès constants de la maladie et si la cause déterminante de la fièvre n'est pas éliminée de l'économie. Dans quelques cas, on trouve le foie très-notablement augmenté de volume, mais peu modifié dans sa structure ; dans d'autres circonstances cependant on l'a rencontré ramolli, rempli de sang noir, tuberculeux, ou bien contenant des dépôts purulents.

Le pancréas est assez souvent induré et présente l'aspect du tissu squirrheux. La muqueuse de l'estomac, du duodénum et du petit intestin est quelquefois atteinte de la même manière. Les glandes mésentériques sont souvent hypertrophiées, et sont exposées presque aux mêmes altérations de fonction et de structure que la rate.

La cause excitante de la fièvre, respirée, introduite dans l'organisme par les aliments et les boissons, absorbée par la peau et les surfaces muqueuses, arrive en contact immédiat avec les cellules épithéliales répandues à la fois à la surface interne et à la surface externe du corps, en résumé partout où il existe quelque voie d'introduction des corps étrangers dans l'économie. Les cellules épithéliales sont donc le premier tissu de l'organisme, avec lequel ces corps empoisonnés se mettent en rapport ; et après leur passage à travers ces cellules, ils peuvent pénétrer dans le système circulatoire et atteindre les tissus vasculaires. Mais en passant dans l'intérieur des cellules épithéliales, les corps toxiques les altèrent et empoisonnent les produits qu'elles désorganisent ; de cette façon, les autres tissus comprenant les systèmes ganglionnaire et cérébro-spinal, sont soumis aussi à l'influence miasmatique. Comme les cellules épithéliales des glandes, et particulièrement celles de la rate, du mésentère et du foie, jouent le rôle le plus important dans l'organisation des produits destinés à la nutrition des autres tissus, ces glandes sont les plus fortement atteintes et sont les premières à ressentir vivement les effets des *palmellæ toxiques* ; aussi est-ce dans ces viscères que nous rencontrons si souvent de graves altérations.

Quand les tissus ont été intoxiqués jusqu'à un certain degré, il se fait une réaction dans l'organisme, il se produit un effort de la nature, qui a pour but d'éliminer les produits septiques contenus dans l'économie. Cet effort est l'accès qui constitue ce que nous appelons la maladie.

Nous pouvons aisément comprendre comment il se fait que le sang devienne clair (pauvre en fibrine) dès que les fonctions de la rate sont en partie ou totalement suspendues. Ce viscère étant la glande qui, de toutes les autres, produit la plus grande quantité de fibrine, si ses fonctions sont suspendues par l'enkystement des *corps ovales sphériques* avec de la fibrine partiellement organisée, une grande quantité de ce produit doit être distraite du sang. La fibrine préexistant dans le sang se dépose dans les tissus, et une de ses sources importantes étant tarie, le sang devient pâle et en partie défibriné. Ce sang pauvre remplit toutes les portions du viscère qui ne sont pas occupées par les masses fibrineuses, et par là s'explique la facilité avec laquelle le sang contenu dans la rate peut être enlevé par le lavage. Donc, lorsque la masse entière du sang offrira une diminution anormale de plasticité, il faut chercher dans la rate la lésion primordiale.

D'après le docteur Twedie, les symptômes remarquables que présente la fièvre intermittente, lorsque la rate est malade, sont : « de la dépression morale, de la torpeur de l'intelligence ; l'inactivité du corps, une débilité musculaire très-prononcée, une pâleur cadavéreuse, ou une teinte jaunâtre, noirâtre ou verdâtre plus accentuée que dans les maladies du foie. Il y existe une grande tendance, soit aux hémorrhagies par différents points du corps, soit aux hydropisies, soit enfin à la dyssenterie et aux ulcères de jambe. La rate peut aussi bien devenir malade dans le cours des fièvres continues, que pendant la durée des fièvres intermittentes. Les affections du cœur, de l'estomac, du foie peuvent aussi être accompagnées de lésions spléniques. La rate est plus exposée à être altérée dans les pays humides et marécageux, que dans toute autre condition. Dans les fièvres intermittentes, il y a une diminution des globules rouges et de la fibrine. Le ramollissement et la diffluence de la rate s'observent fréquemment dans les fièvres intermittentes et continues, dans le scorbut et dans quelques espèces de dyssenteries malignes. » En se rappelant les véritables fonctions de la rate, ces divers symptômes et ces lésions peuvent être rapportés à leurs vraies causes.

La dépression morale et la torpeur de l'intelligence peuvent résulter de l'oxalurie et du *phosphatic states*, ou bien tenir à une diminution ou à une suppression dans l'organisation de produits nutritifs du tissu nerveux. L'inactivité du corps et la débilité musculaire proviennent d'un manque de fibrine dans le tissu musculaire ; la coloration jaunâtre des téguments tient à la diminution des globules rouges ; enfin la facilité avec laquelle se produisent, soit les hémorrhagies, soit les hydropisies, soit encore la dyssenterie, résulte de la fluidité du sang et de son manque d'éléments normaux.

Il est probable que la raison pour laquelle la rate est si exposée à devenir malade, dans la fièvre continue comme dans la fièvre intermittente, tient à ce que les causes productrices de ces deux maladies affectent primitivement les tissus épithéliaux, et ont de la tendance à troubler le jeu des organes les plus activement engagés dans l'organisation des produits de nutrition. Cela résulte de ce que les causes de ces fièvres existent aussi dans les aliments, les boissons, l'air respiré et les matières absorbées par la peau. Si la rate est plus souvent atteinte dans les contrées humides et marécageuses que dans les autres pays, c'est que dans les premières les poisons miasmatiques imprègnent plus ou moins l'air, l'eau et les aliments. Enfin la diminution de la fibrine et des globules du sang dans la fièvre intermittente, résulte de la suppression plus ou moins complète des fonctions normales de la rate et des ganglions mésentériques.

Traitement. — Puisque dans le dernier stade des accès intermittents, la nature excite tous les organes excréteurs du corps, spécialement les appareils de la sueur, de la sécrétion urinaire, et des muqueuses en général ; que, d'un autre côté, les excrétions renferment des spores et des cellules de *palmellæ fébriles* : il est évident que le stade de sueur est un processus curatif. S'il en est ainsi, il nous paraît logique d'employer tous les moyens médicaux possibles pour éliminer le poison contenu dans l'organisme, c'est-à-dire les diurétiques, diaphorétiques, expectorants et alté-

Donc, pendant qu'on doit prendre constamment de
inine pour tonifier les systèmes ganglionnaire, céré-
inal et le tissu épithélial, et afin d'empêcher le dévelop-
it des cryptogames introduits dans l'économie, on doit
les diaphorétiques, des diurétiques et des expectorants,
e médicaments purement éliminateurs.

pouvait croire que les sueurs nocturnes des malades
ts de fièvre, résultaient d'un affaiblissement général;
st ici tout le contraire. Sous l'influence d'une abondante
ion sudorale et urinaire, survenant pendant la nuit,
es individus fébricitants, la pâleur se dissipe rapidement,
ard hébété devient brillant, la dépression morale, la
ır de l'intelligence et du corps disparaissent pour faire
à des mouvements faciles et au rétablissement des forces
ılaires. Et alors même que l'organisme reste continuel-
it exposé aux influences de la maladie, le résultat de ces
ions est tel, que non-seulement les accès sont évités,
ıussi les lésions organiques; de plus, la longue succes-
es symptômes morbides habituels ne peut se dévelop-
le poison fébrile étant éliminé aussi rapidement qu'il
re dans l'économie.

s les cas où le malade est soustrait à l'influence des
excitantes de la fièvre, l'organisme est bien vite débar-
et il ne se produit aucun accès au printemps suivant,
ns que le patient ne se soit de nouveau soumis à la
productrice de la maladie.

pouvoir de résister aux accès fébriles varie beaucoup
es différents individus, et même chez un seul individu
irentes époques. Cette puissance de résistance est direc-
it proportionnelle à la force de l'économie. L'habitude
livrer à un exercice actif a souvent protégé l'organisme
taques de la fièvre; ce fait s'observe à un haut degré
e service de la cavalerie et de l'infanterie. Dans les en-
malsains, les cavaliers sont rarement pris par la fièvre,
nt un service actif; tandis que les fantassins sont très-
s à en être atteints. Cela se présente surtout lorsque les
services sont organisés dans un même district malsain,
soldats sont également soumis à l'intoxication fébrile.
quinine, administrée comme médicament prophylac-
rend l'économie capable de s'opposer à l'apparition des
fébriles. Elle tonifie les tissus et gêne la production des
games, jusqu'à ce que la nature puisse en quelque
e guérir d'elle-même, en éliminant la cause morbifique
peau, les muqueuses et les reins. La quinine n'est donc
igoureusement parlant, un agent spécifique et curatif;
git simplement en arrêtant le développement cryptoga-
et en donnant une force suffisante à l'organisme, pour
ser à la production des paroxysmes de fièvre, jusqu'à ce
a nature, aidée par la médication précédente, puisse
la maladie en éliminant sa cause.

s les pays fiévreux, toute cause qui affaiblit l'économie
avancer plus que de coutume l'époque d'apparition
cès fébriles. Quand l'organisme est resté pendant quel-
emps sous l'influence de la fièvre, surtout lorsque la
ie a été contractée dans un pays où les accès ont une
nce à prendre la forme congestive (spécialement dans
ys calcaires), comme dans le sud du Tennessee, dans le
sippi et la Louisiane, on a remarqué que la quinine
tout d'abord quelque influence tonique et empêchait
rition des accès, mais qu'elle perdait bientôt presque
ment cette propriété. En somme, dans beaucoup de cas, elle aggrave réellement les accès, ce qu'on rend évident en suspendant complétement son administration.

Dans de telles circonstances, on trouvera la peau sèche, les surfaces muqueuses moins actives que normalement et recouvertes d'une sécrétion visqueuse fort peu abondante, la sécrétion rénale diminuée; en résumé, tous les organes d'élimination ont leurs fonctions troublées, et leur action normale en partie supprimée. Tant que ces conditions persistent, le poison reste enfermé dans l'économie, et intoxique si bien les tissus, que l'influence tonique de la quinine facilite plutôt le trouble des fonctions qu'elle ne les rétablit dans leur état normal.

Cependant, si grâce aux diurétiques, aux diaphorétiques et aux expectorants on parvient à rétablir les fonctions rénale, cutanée et muqueuse, le foie et la rate se trouvant aussi bien préparés (*properly attended to*), la quinine pourra encore agir efficacement et produire ses effets toniques habituels; la maladie sera donc bientôt domptée, surtout si le patient est soustrait à son influence continuelle.

Il est extrêmement important de chercher à entretenir toujours les organes d'élimination dans leurs fonctions physiologiques, plutôt même un peu exagérées, tant que l'organisme est soumis à l'influence de quelque poison fébrile, puisque c'est par ces canaux que les causes morbifiques sont éliminées. Nous possédons donc tout autre chose qu'un spécifique de la fièvre dans la quinine. Elle agit simplement en tonifiant l'économie et en arrêtant le développement de la végétation cryptogamique, jusqu'à ce que la nature, aidée des moyens médicaux destinés à exciter les sécrétions, soit capable d'éliminer le poison fébrile. Ces principes doivent être profondément gravés dans l'esprit des médecins qui traitent les fièvres intermittentes. Beaucoup de fièvres, datant de loin, dans lesquelles l'organisme est entièrement intoxiqué et les canaux excréteurs des appareils d'élimination complétement obstrués, sont journellement traitées par la quinine, l'arsenic, le fer, administrés à hautes doses, sans en obtenir quelques bons effets et souvent avec un résultat tout à fait négatif. On espère ainsi guérir la maladie par quelque moyen mystérieux et empirique, à l'aide de ce qu'on appelle un *spécifique*. Or, pris dans toute son acception, ce mot doit être rejeté de la science médicale et abandonné aux *charlatans* qui ne savent rien. Il n'existe réellement pas de tels médicaments en médecine. Dans chaque maladie, nous devons avoir pour but d'aider la nature et de l'imiter autant que possible dans ses procédés curatifs; or, nous ne pouvons le faire heureusement et avec sagesse qu'en connaissant parfaitement la véritable cause et la pathologie de chacune des affections que nous sommes appelés à combattre.

Dans le traitement de la fièvre intermittente, il est absolument nécessaire de remédier aux troubles du système-porte et d'administrer, en outre des diurétiques, des diaphorétiques et des expectorants pour exciter l'activité de tous les organes d'élimination de l'organisme. Il est impossible de fixer d'avance un traitement applicable à tous les cas; cependant les prescriptions suivantes feront comprendre la marche à suivre dans la thérapeutique générale de cette affection :

℞ Potass. acetat. ℥ ij; spts. nit. dulcis ℥ j; syr. scill. comp. ℥ ss; aquæ menth. pip. ℥ viij. — M. Prendre une ou deux cuillerées à bouche dans un verre d'eau le matin, à midi et la nuit. Chaque soir, en se couchant, prendre une boisson chaude diaphorétique. Encore : ℞ Quiniæ sulph. gr. xxxi' strychniæ sulph. gr. 1/4; mass. hyd. gr. vj; pulvis cap

gr. xx ; ferri lactat. gr. xx ; extr. gentian. syrup. ãa q. s. — faites 32 pilules. Prendre deux pilules toutes les deux heures, jusqu'à ce qu'on ait pris 16 pilules. Chaque jour, ou tous les deux jours, selon le type de la fièvre, prendre 4 pilules deux heures avant l'époque d'apparition de l'accès. Au bout de dix jours, reprendre 2 pilules toutes les deux heures jusqu'à ce qu'on ait avalé 16 pilules ; continuer encore dix jours comme précédemment, et le dixième jour encore 16 pilules. Au bout de ce temps, si les médicaments éliminateurs ont été pris régulièrement, le patient sera complétement débarrassé de la maladie, lorsque toutefois il ne reste pas exposé aux caules de la fièvre. Dans le cas contraire, les organes éliminateurs peuvent être conservés dans un état tel d'excitation constante, que la cause fébrile soit expulsée aussitôt qu'elle pénètre dans l'organisme. Sous l'influence de ce traitement, il ne se produit aucun accès après le début de la médication.

Nous avons aussi à notre disposition des moyens pour *faire disparaître la cause qui engendre* la fièvre intermittente. Les terrains riches, bas et humides, qui produisent des *plants à fièvre* en si grande quantité quand ils sont neufs (vierges), subissent de tels changements, par la culture et le drainage, qu'ils deviennent impropres à la végétation des *palmellæ*. Or comme les parties malsaines du pays vieillissent, que les terrains bas et humides sont drainés et cultivés, les districts fiévreux seront de plus en plus restreints et la fièvre intermittente diminue en proportion. Toutefois, tant que ces pays contiendront encore de petits lacs, des étangs, des marais et des rivières qui pourront être plus ou moins desséchés pendant les chaleurs de l'été, on pourra s'attendre à voir les fièvres prendre une certaine extension.

Les causes de la maladie peuvent cependant être diminuées en transformant les fossés ouverts en fossés couverts, en drainant les lacs, les étangs et les marais, et en soumettant le sol qui constituait leur lit à une culture active. Grâce à l'emploi de ces moyens, les fièvres intermittentes, qui infestent aujourd'hui la plus grande partie de nos plus riches districts, pourront être circonscrites dans des limites restreintes.

Lorsque, pendant les mois secs et chauds de l'année, il sera nécessaire de faire des excavations dans un nouveau terrain riche et humide, il faudra, après chaque jour de travail, saupoudrer de chaux vive le fond et les parois de ces excavations, ainsi que la terre rejetée à l'extérieur. Si ces précautions sont prises à temps, les *plantes à fièvre* ne pourront se développer. Dans le cas où l'on ferait des fossés dans un endroit malsain, il serait aussi fort utile de répandre de la chaux sur le fond, les parois et sur la terre provenant de ces fossés.

Dans les districts fiévreux, à mesure que le lit des rivières, des fossés, des étangs et des marais, est mis à sec, il faut les recouvrir d'une couche de chaux vive. Ces précautions sont surtout utiles dans notre climat pendant les mois de juillet, d'août et de septembre. Quand une prairie ou un terrain bas et humide doit être retourné pour la première fois et qu'il est facile de se procurer de la chaux, on évitera beaucoup de maladies en répandant une bonne couche de chaux vive à la surface du sol. Si une seule couche ne suffit pas pour faire disparaître la végétation des *plantes à fièvre*, on en mettra une seconde. Cette dissémination de la chaux à la surface du sol n'est pas perdue. Elle neutralise l'acidité du terrain et convertit les matières résineuses en savons solubles ; le sol devient donc plus fertile, et l'augmentation et la richesse des récoltes compensent largement les frais nécessités par cette opération. Dans les cas où l'on ne pourrait se procurer facilement de la chaux, on aurait recours aux cendres de bois, bien que leur action soit moins marquée et dure moins longtemps. Lorsqu'on choisit des lieux de campement pour l'armée ou des locaux pour y établir des hôpitaux, il faut éviter les terrains neufs et les prairies basses et humides.

Quand le pays est malsain, partout où l'on fait des fossés et des rues, où l'on creuse des caves et des puits, en un mot, partout où la terre, nouvellement remuée, est exposée d'une façon quelconque à l'influence du soleil et de l'air sec des mois de mai, juin, juillet, août et septembre (surtout pendant ces deux derniers mois), on répandra de la chaux vive dans les excavations du sol et sur les tas de terre formés.

Influence de l'exhalation du pollen et des principes volatils des phanérogames sur l'organisme. — Les spores et les exhalations des cryptogames ne sont pas les seuls corpuscules de l'atmosphère qui, respirés, excitent des phénomènes anormaux et morbides. Pendant que la floraison des phanérogames est en pleine activité, l'air qui les environne est rempli du pollen des fleurs et des principes volatils de ces plantes. Ces matières sont donc inhalées en assez grande quantité par ceux qui respirent dans l'atmosphère de ces végétaux.

Lorsque les plantes ne produisent aucun principe médicinal actif ou nuisible, le pollen et les exhalations, sauf dans quelques cas exceptionnels mentionnés plus loin, n'ont aucune influence anormale sur l'économie. Mais si ces plantes donnent naissance à des produits toxiques ou à des agents médicinaux actifs, l'influence du pollen et des principes volatils inspirés se fait rapidement sentir.

En passant à côté ou dans un champ de Houblon, de Laitues ou de Pavots en fleurs, on perçoit bientôt une sensation d'assoupissement souvent accompagnée de lassitude et d'indisposition, agissant soit sur le moral, soit sur le physique. En traversant un champ de Stramonium ou de Tabac en fleur, des sensations analogues se produisent et sont suivies de nausées, de faiblesse, de tiraillement des yeux et de douleurs de tête. Passe-t-on près de plants fleuris de *Conium maculatum* (ciguë), il en résulte de l'assoupissement avec roideur dans les yeux, puis du gonflement des régions orbitaires, des douleurs sourdes dans les globes oculaires et au front.

Ces symptômes varient beaucoup comme gravité et comme durée, selon le temps pendant lequel on est resté soumis à l'influence de ces agents délétères et la quantité qu'on en a respirée et absorbée. Ces effets sont parfois si énergiques en passant près du Sumac vernis (*Rhus vernix*) en fleur, surtout la nuit lorsque l'air est humide, qu'ils peuvent donner naissance à une tuméfaction œdémateuse fort étendue et à une inflammation ressemblant à un érysipèle. Le pollen de plusieurs espèces de Lobelia donne lieu à des nausées et à des vertiges. Enfin, beaucoup d'autres plantes de nos forêts et de nos prairies, qui engendrent des produits médicinaux et toxiques, produisent des phénomènes morbides accentués quand leur pollen ou leurs principes volatils sont respirés.

Un grand nombre de plantes exotiques cultivées en serre doivent être aussi rangées dans cette catégorie, et les fleurs de ces végétaux doivent être évitées autant que possible. La plupart des sensations pénibles éprouvées par les voyageurs et les explorateurs des nouvelles contrées, lorsqu'ils passent au milieu d'une végétation luxuriante couverte de fleurs magnifiques, résulte de l'inhalation du pollen et des principes volatils de ces plantes. Enfin, sans aucun doute, beaucoup de

maladies ou de malaises résultent de cette exposition à l'influence de l'atmosphère des végétaux. Le docteur Isaacs Hays, directeur de l'*American Journal of the medical sciences*, me raconta il y a peu de temps quelques cas intéressants qu'il avait observés touchant l'influence du pollen de la Rose, et quelques autres faits à propos de l'action des exhalations des céréales et d'autres phanérogames sur certaines personnes.

Les exhalations de certaines plantes, même lorsqu'elles ne sont pas en fleur, produisent des effets marqués sur quelques personnes. Par exemple, on peut citer le Sumac vernis (*Rhus vernix*) comme donnant lieu, dans certaines circonstances, à de violents symptômes d'empoisonnement, bien qu'il n'y ait pas eu de contact avec cette plante. Les personnes ainsi impressionnables sont capables de reconnaître la présence de ce végétal avant qu'il leur soit possible de le voir, par les seuls effets que l'air produit sur elles.

Quelques individus sont extrêmement susceptibles à l'action de l'Ipéca, qui fait naître chez eux des symptômes tout particuliers, et il leur suffit pour cela de se trouver dans une chambre qui contient cette poudre. Le calomel peut aussi donner lieu à une excitation temporaire de la sécrétion salivaire, et à des nausées, bien qu'on ne fasse que le manier.

Beaucoup d'autres exemples pourraient être ajoutés à ceux que nous venons de rapporter brièvement, pour démontrer les effets produits par une très-minime quantité de certaines substances inhalées, effets se manifestant sur une partie ou la totalité de l'organisme. Cela nous montre que très-probablement l'atmosphère peut renfermer un grand nombre de ces causes subtiles de maladie, qui jusqu'ici ont échappé aux longues et patientes investigations des observateurs.

J. H. SALISBURY.

— Traduit de l'anglais par FÉLIX TERRIER, aide d'anatomie à la Faculté de médecine de Paris. —

COLLÉGE DE FRANCE

CHIMIE ORGANIQUE

COURS DE M. BERTHELOT

De la constitution des corps simples et en particulier du carbone (1)

V

LES ÉTATS ACTUELS DU CARBONE.

Dans l'étude des diverses variétés qui représentent les états actuels du carbone, j'ai procédé de la manière suivante :

1° J'ai examiné les variétés usuelles du carbone ;

2° Ces variétés ont été soumises à diverses influences ;

3° J'ai préparé le carbone en décomposant dans diverses conditions, et par divers agents, ses combinaisons avec l'hydrogène, l'oxygène, le soufre, le chlore, l'azote, le bore, les métaux, et j'ai cherché s'il existe quelque relation entre les combinaisons du carbone et l'état du carbone élémentaire que l'on peut en séparer, en tenant compte de l'influence modificatrice des agents employés et des conditions mises en jeu dans l'acte de la séparation.

(1) Voyez le numéro précédent, page 762.

I. VARIÉTÉS USUELLES ET NATURELLES. — 1. Le *diamant blanc* et le *diamant noir*, en poudre, n'éprouvent aucune oxydation sensible à basse température et dans les conditions que j'ai décrites.

2. La *plombagine* engendre un oxyde graphitique correspondant, comme il a été dit. Cette propriété appartient également à la plombagine privée d'hydrogène par l'action prolongée du chlore sec au rouge-blanc. Elle ne renferme, dans aucun cas, la moindre trace de diamant mélangé.

3. Le *graphite hexagonal*, qui cristallise dans la fonte, fournit un oxyde graphitique qui se distingue du précédent par quelques caractères, ainsi que je l'ai montré plus haut (leçon III, page 766). Il ne renferme pas la moindre trace de diamant mélangé.

4. Le *carbone amorphe*, qui dérive du *charbon de bois* purifié par le chlore, se dissout entièrement par oxydation, sans fournir la moindre trace d'oxyde graphitique. Je rappellerai que ce carbone, étant oxydé par l'acide nitrique seul, fournit un composé brun, que l'acide iodhydrique change vers 280 degrés en divers carbures saturés liquides et gazeux, $C^{2n}H^{2n+2}$.

5. Le *coke* ordinaire, récemment calciné, se dissout entièrement par oxydation à basse température (1), à l'exception de quelques silicates, solubles ensuite dans l'acide fluorhydrique. Le composé oxydé soluble qui prend ainsi naissance se distingue par sa nuance intense, etc.

J'ai encore oxydé un autre coke, recouvert de gouttelettes métalliques, d'apparence fondues. Celui-ci a laissé une trace d'oxyde graphitique.

6. Le *charbon métallique*, préparé en décomposant la vapeur des carbures d'hydrogène dans un tube de porcelaine, résiste étrangement à l'oxydation, surtout lorsqu'il se présente en feuillets minces et brillants, d'une cohésion spéciale. Cependant, au bout de six à huit traitements, il demeure totalement dissous. Les portions non cohérentes du charbon de tube *tachent le papier*, à la façon de la plombagine, sans fournir trace d'oxyde graphitique.

7. Mêmes résultats avec le *charbon des cornues à gaz*, employé dans la fabrication des crayons destinés à la lumière électrique. Ces crayons laissent une trace noire sur le papier ; cependant ledit charbon finit par disparaître totalement, sans laisser ni diamant ni oxyde graphitique.

8. J'ai répété les mêmes observations sur un charbon de cornue, désigné sous le nom de *graphite artificiel*, qui m'avait été remis par M. Regnault.

Mêmes résultats négatifs avec un prétendu graphite artificiel, de même origine, remarquablement tendre et traçant, que je dois à M. Gaudin.

9. L'*anthracite* polyédrique des mines de Muzo (Nouvelle-Grenade) (2) et l'*anthracite* conchoïdale de Pensylvanie se sont dissoutes en totalité, sans laisser ni oxyde graphitique ni diamant.

10. M. Friedel a eu l'obligeance de me donner un échantillon d'une *anthracite particulière*, provenant de M. de Douhet, et supposée contenir du diamant, à cause de sa dureté spéciale. Mais cette hypothèse ne s'est point vérifiée, le corps s'étant dissous sans même laisser d'oxyde graphitique.

(1) Il faut six traitements successifs : observation qui s'applique aux carbones suivants.

(2) Donné par M. Boussingault.

— On remarquera que les expériences précédentes tendent à éloigner les anthracites de la plombagine, malgré les analogies d'origine géologique.

11. Le *noir de fumée* se dissout à la suite de traitements réitérés, en formant un acide brun, qui demeure très-longtemps en suspension dans l'eau. Il laisse une trace d'oxyde graphitique.

12. Le *noir animal* disparaît entièrement, en laissant un peu de silice.

13. La *matière charbonneuse* de la *météorite* d'Orgueil, purifiée autant que possible par les dissolvants, s'est ensuite oxydée entièrement.

II. Influence de divers agents sur le carbone déja formé. — J'ai étudié l'action de la chaleur, du chlore, de l'iode, de l'oxygène, enfin celle de l'électricité.

1. Sous l'influence de la *chaleur seule*, c'est-à-dire en calcinant les graphites et les divers carbones amorphes jusqu'au rouge-blanc, dans une atmosphère d'hydrogène, je n'ai point réussi à passer d'un groupe à l'autre ; seulement les carbones amorphes paraissent éprouver quelque accroissement de cohésion. L'oxyde pyrographitique, après calcination, ne fournit pas plus d'oxyde graphitique qu'il n'en produisait auparavant.

2. Le *chlore*, au rouge-blanc, ne change ni le charbon de bois en graphite, ni le graphite en carbone amorphe : on sait d'ailleurs que le chlore n'attaque point le carbone libre. L'*iode*, au rouge-blanc, ne change point le coke en graphite : au rouge, au contraire, l'iode produit cette transformation sur le carbone naissant, comme on le verra plus loin.

3. L'action de l'*oxygène* est plus compliquée. En effet, elle donne lieu à la fois à une élévation extrême de température et à une formation d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. On peut étudier le carbone soumis à cette double influence en allumant dans un jet d'oxygène un crayon de charbon de cornue préalablement chauffé au rouge. Dès que la pointe est en pleine incandescence, on l'éteint brusquement en la plongeant dans l'eau froide. On détache ensuite le bout extrême du crayon, en se bornant, autant que possible, à la portion qui a été chauffée le plus fortement. Le charbon ainsi traité n'est plus constitué uniquement par du carbone amorphe : il renferme maintenant une petite quantité de graphite, formé sous la double influence de la chaleur et de l'oxydation.

Les mêmes influences s'exercent dans les *combustions incomplètes*, lorsque le noir de fumée prend naissance. Or j'ai précisément observé la présence d'une trace de graphite dans le noir de fumée. J'attribue à la même cause la présence d'une trace de graphite dans certains cokes (1).

Ces divers résultats méritent, à mon avis, d'autant plus d'attention que des phénomènes analogues ont peut-être joué un rôle dans la formation naturelle du graphite. En général on a jusqu'ici attribué une origine pareille au graphite et à l'anthracite. Mais il résulte de mes observations que la décomposition spontanée des débris organiques, même avec le concours de la chaleur rouge, ne fournit point de plombagine. L'origine de ce dernier corps réclame une explication spéciale. Je proposerai la suivante : L'inflammation des combustibles carbonés, dans des circonstances analogues à celles que je viens de signaler, a pu donner lieu à la formation d'une certaine proportion de graphite, mêlé avec beaucoup de charbon amorphe. Ce dernier, plus oxydable à basse température, aurait disparu peu à peu ; tandis que le graphite aurait subsisté, à l'état pulvérulent et sous forme de plombagine. C'est aux géologues d'apprécier le mérite de cette explication.

(1) L'existence du fer peut aussi jouer un certain rôle.

4. Nulle influence n'est plus digne d'intérêt que celle de l'*électricité*. J'ai examiné, par la nouvelle méthode d'analyse, les pôles de charbon qui servent à transmettre la lumière électrique. On sait que, sous cette influence, le charbon se réduit en vapeur, et passe du pôle positif, qui s'amincit de plus en plus, au pôle négatif, qui se recouvre d'une masse spongieuse. J'ai soumis à l'oxydation la poudre de charbon recueillie en raclant un grand nombre de charbons qui avaient servi à produire la lumière électrique, et j'ai obtenu de grandes quantités d'oxyde graphitique. Cet oxyde graphitique et, par conséquent, la graphite électrique ne sont identiques ni avec ceux de la fonte, ni avec ceux de la plombagine.

Le changement qui se produit ici sur le charbon amorphe des cornues à gaz peut être également observé sur le diamant. On sait en effet que, d'après M. Jacquelain, le diamant placé dans l'arc voltaïque se change en une sorte de coke. J'ai pu examiner les échantillons mêmes de diamant transformé qui avaient servi autrefois aux expériences de la Sorbonne : la matière charbonneuse soumise à l'oxydation s'est changée en oxyde graphitique de la même variété que celui du charbon de cornue.

Il était dès lors problable que les charbons qui ont éprouvé l'action de l'arc voltaïque ne devaient pas contenir de diamant ; c'est ce dont je me suis assuré avec soin, et sur des quantités notables de matière (1) : il n'y avait point la moindre trace de diamant dans ces échantillons.

La formation du graphite électrique n'a pas lieu indifféremment aux deux pôles. Les pôles négatifs, épaissis par le transport de carbone, ont seuls fourni une grande quantité d'oxyde graphitique ; tandis que les pôles positifs correspondants, amincis par le même phénomène, n'en contenaient que des traces ; encore étaient-elles dues probablement à la séparation, nécessairement imparfaite, du carbone qui se dépose sur les pôles pendant l'action de la lumière électrique.

Cependant la transformation en graphite n'exige pas la volatilisation préalable du carbone. En effet, les capsules de charbon de sucre, ramollies par le feu d'une pile de 600 éléments, ont été trouvées en grande partie changées en graphite au pôle négatif.

III. — Carbone dégagé de ses diverses combinaisons. — J'ai extrait le carbone de ses combinaisons avec l'hydrogène, le chlore, le soufre, l'azote, l'oxygène, le bore, les métaux, en variant autant que possible les conditions de cette séparation.

1. *Combinaisons hydrocarbonées.* — Je les ai décomposés par la chaleur seule, par l'étincelle électrique, par le chlore, par l'oxygène, etc.

Chaleur. — Les carbures d'hydrogène, décomposés par le passage de leur vapeur au travers d'un tube rouge, fournissent du carbone-amorphe, doué d'un éclat métallique dans l'

(1) Provenant des expériences faites par Despretz, avec un 600 éléments, sur le charbon d

partie qui adhère aux parois du tube ; tandis que la portion centrale est pulvérulente et tache le papier. L'une et l'autre portion se dissolvent dans le réactif oxydant ; mais la portion métallique, plus cohérente, exige un plus grand nombre de traitements.

Le charbon fourni par les carbures benzéniques ne diffère pas à cet égard du charbon des autres carbures. Rappelons encore ici les faits semblables relatifs au charbon de cornue, au charbon de bois et au coke.

Enfin, j'ai examiné le carbone séparé du protochlorure d'acétylène, lequel se décompose en charbon et acide chlorhydrique



$$C^4H^2Cl^2 = C^4 + 2HCl$$

sous l'influence d'une température prolongée de 360 degrés. — Ce charbon ne diffère pas des précédents.

Étincelle électrique. — J'ai examiné le charbon précipité par l'étincelle, dans la décomposition du gaz des marais. Il était formé de carbone-amorphe, avec une petite quantité de graphite. Je pense que le carbone-amorphe était dû à l'action décomposante propre de la chaleur, et le graphite à celle de l'électricité. On sait, en effet, que ces deux causes concourent dans la réaction de l'étincelle ; or, on a vu précédemment que l'électricité transforme le carbone-amorphe en graphite électrique.

Chlore. — J'ai précipité le carbone du gaz des marais au moyen du chlore : c'était du carbone-amorphe, comme celui que fournit la chaleur.

Iode et acide iodhydrique. — La benzine, la naphtaline et divers autres carbures, chauffés à 280 degrés pendant plusieurs jours et avec une proportion d'hydracide insuffisante pour les saturer d'hydrogène, fournissent une matière charbonneuse spéciale, qu'il m'a paru intéressant d'examiner à cause de la basse température qui préside à sa formation. Les matières charbonneuses de la benzine et de la naphtaline se comportent toutes deux de la même manière : elles se dissolvent aisément dans l'agent oxydant, en formant un composé jaune-brun, très-émulsionnable, facile à précipiter par l'addition d'un sel, en un mot, plus voisin qu'aucun autre de l'état des oxydes graphitiques, sans pouvoir cependant leur être assimilé.

Le charbon de la benzine conserve cette faculté, même après avoir été calciné au rouge blanc dans l'hydrogène ; mais il n'acquiert point par là la propriété de fournir un oxyde graphitique véritable.

J'ai soumis à une étude spéciale les produits que l'on obtient en oxydant par l'acide nitrique pur le charbon de la benzine. Ces produits se dissolvent dans l'acide nitrique concentré ; mais si l'on étend d'eau, il se précipite une résine brune, tandis qu'une substance analogue reste en dissolution. La première, desséchée, devient brune et fragile ; elle déflagre à la façon des oxydes graphitiques ; mais elle renferme les éléments nitriques. J'ai traité séparément par l'acide iodhydrique à 280 degrés cette résine insoluble, ainsi que la matière soluble, et j'ai reproduit des carbures gazeux, fort abondants, et un peu de carbures liquides.

Le contact simultané de l'iode et de l'acide iodhydrique, à 280 degrés, ne détermine donc ni la formation du graphite, ni celle d'un charbon transformable en graphite par la calcination.

Mais il en est autrement d'une température plus élevée. En effet, le charbon obtenu par la décomposition de l'éther iodhydrique dans un tube rouge renferme une quantité considérable de graphite, transformable par l'oxydation en un oxyde analogue à celui du graphite électrique. L'iode offre donc, à l'égard du carbone naissant et à cette température, la même aptitude modificatrice, en vertu de laquelle l'iode change si aisément le phosphore ordinaire en phosphore rouge et le soufre fondu en soufre insoluble. — Ces états du soufre et du carbone sont précisément ceux qu'affectent les mêmes éléments, obtenus par la décomposition de leurs composés chlorurés.

Oxygène. — Le noir de fumée représente le carbone précipité par combustion incomplète, phénomène dans lequel la chaleur concourt avec l'oxydation. On a vu plus haut que c'était du carbone-amorphe avec une trace de graphite. J'attribue le premier à l'action de la chaleur, le second à l'oxydation effectuée à une haute température.

J'ai encore examiné la matière charbonneuse qui se produit par la combustion lente de l'acétylure cuivreux (1) à la température ordinaire. Elle s'est dissoute entièrement par l'oxydation.

2. *Chlorure de carbone.* — J'ai décomposé dans un tube rouge la vapeur du perchlorure de carbone, C^2Cl^4. La matière charbonneuse obtenue était un mélange de carbone amorphe, avec une quantité assez considérable de graphite. Le chlorure de carbone ne fournit donc pas le même carbone que le gaz des marais, malgré l'analogie des formules C^2H^4 et C^2Cl^4.

3. *Sulfure de carbone.* — Le sulfure de carbone se décompose dans un tube rouge, en fournissant du carbone en feuillets minces et cohérents. Ce carbone renferme beaucoup de graphite ; cependant il ne tache pas le papier.

4. *Azoture de carbone.* — Au contraire, le cyanogène, décomposé par l'étincelle, n'a fourni pour ainsi dire que du carbone-amorphe, avec une trace de graphite. J'attribue cette trace à l'influence propre de l'étincelle.

5. *Acide carbonique.* — J'ai décomposé le carbonate de soude, en le chauffant avec du phosphore. Le carbone ainsi obtenu est noir et léger ; l'acide iodhydrique ne l'attaque pas à 280 degrés, il se dissout par oxydation, en laissant un peu d'oxyde graphitique. On peut donc le regarder comme un mélange de carbone-amorphe et de graphite.

J'ai fait aussi réagir le sodium au rouge sur le carbonate de soude. En reprenant la masse par l'eau, tout se dissout, sauf une petite quantité de carbone, qui est formée en grande partie de graphite.

6. *Carbure de bore.* — On sait que M. H. Sainte-Claire Deville a désigné sous le nom de *bore adamantin* une variété de bore cristallisé, dure et brillante, laquelle renferme quelques centièmes de carbone. Il est facile d'extraire le carbone, en traitant le bore par un courant de chlore sec à la température rouge. J'ai opéré cette extraction à deux températures très-différentes, savoir : à une température inférieure à celle du ramollissement du verre, et à une température voisine de la fusion de la porcelaine. Dans un cas comme dans l'autre, le carbone était constitué par du graphite, transformable en oxyde graphitique et ne renfermant pas la plus légère trace de diamant. La seule différence entre les deux essais, c'est que

(1) Préparé avec l'acétylène formé sous l'influence de l'arc électrique et au moyen des éléments. Au bout de quelques années de conservation, j'ai séparé au moyen de l'acide chlorhydrique la matière charbonneuse qui avait pris naissance.

le graphite préparé vers le rouge sombre était amorphe, tandis que le graphite préparé au rouge blanc était cristallisé, sous cette forme hexagonale bien connue des minéralogistes.

Le dernier carbone s'était déposé en partie à quelque distance de la place où le bore avait été placé d'abord : phénomène de transport qui est dû probablement à la formation temporaire d'un chlorure double de carbone et de bore. Quelques-uns des cristaux, par suite du développement inégal de leurs arêtes, offraient d'une manière frappante, sous le microscope, des apparences d'octaèdres tronqués, capables d'induire en erreur un esprit prévenu. Observés sur places, c'est-à-dire sur la surface où ils se sont déposés, ces cristaux présentent un éclat et un miroitement singuliers, que l'on n'attendrait point d'une substance telle que le graphite. Cependant, la forme de ces cristaux, examinée de plus près, ainsi que leur transformation en oxyde graphitique, ne laissent place à aucun doute.

7. *Carbure de fer.* — On sait que le graphite se sépare de la fonte en lames cristallines. J'ai également examiné le carbone combiné dans le fer. Il a été extrait de la fonte blanche par deux procédés distincts, à savoir : par l'action du chlore au rouge sombre et par l'action du bichlorure de mercure (procédé de M. Boussingault).

Le carbone ainsi obtenu est constitué dans les deux cas par un mélange de carbone amorphe (prédominant), avec un peu de graphite. Il serait intéressant de savoir s'il n'existe pas quelque relation entre les propriétés diverses des fontes ou des aciers et la nature amorphe ou graphitique du carbone qui s'y trouve à l'état de combinaison : je me propose de poursuivre mes recherches sur ce point.

8. *Carbure de manganèse.* — M. Caron a eu l'obligeance de me donner un échantillon de carbone qu'il avait extrait du manganèse métallique préparé par lui. Cet échantillon était formé entièrement par du carbone-amorphe.

En résumé, le carbone séparé des carbures d'hydrogène par l'action de la chaleur ne renferme pas trace de graphite ; tandis que le carbone séparé du sulfure et du chlorure de carbone par l'action de la chaleur, ou du bore par l'action du chlore, renferme une proportion considérable de ce même graphite. Le carbone séparé de l'acide carbonique (uni à la soude) ne peut pas être obtenu dans des conditions aussi simples et dépourvues de complications secondaires : sauf cette réserve, on a vu que ce carbone, isolé soit au moyen du phosphore, soit au moyen du sodium, renferme aussi une certaine proportion de graphite. Il en est de même du carbone, séparé des composés organiques dans la combustion incomplète, c'est-à-dire avec le concours de la chaleur et de l'oxydation.

Il résulte, je crois, de ces observations que le carbone, en sortant des combinaisons hydrogénées, prend de préférence l'état de carbone-amorphe ; tandis que le carbone, en sortant de ses combinaisons avec le chlore, le soufre, le bore et peut-être l'oxygène, avec le concours de la température rouge, offre une certaine tendance à prendre l'état de carbone-graphite. J'ai déjà signalé une opposition analogue entre les divers états du soufre dégagé de ses combinaisons (1). Ajoutons enfin que les carbones-graphites et les carbones-amorphes semblent représenter, non les états divers du carbone lui-même, tels qu'ils existeraient dans ses composés, mais certains états polymériques correspondants de cet élément.

Tous ces rapprochements, je le répète, sont de même ordre que ceux qui résultent de l'étude des états multiples du soufre et du phosphore comparés à leurs combinaisons. Mais il existe ici certaines analogies et certaines dissemblances sur lesquelles il importe d'insister.

En effet, le soufre, sous ses divers états, possède la même chaleur spécifique ; il en est de même du phosphore ordinaire et du phosphore rouge. La diversité de ces états isomériques d'un même élément ne dépasse donc pas celle qui existe entre les divers états isomériques d'un même carbure d'hydrogène liquide, tels que les états du carbure $C^{20}H^{16}$: térébenthène, citrène, térébène. Elle ne dépasse pas non plus celle qui existe entre les divers polymères liquides ou solides d'un carbure déterminé, tels que $C^{20}H^{16}$ et $C^{40}H^{32}$, ou bien encore entre les carbures $C^{2n}H^{2n}$ diversement condensés.

En effet, tous ces carbures possèdent à peu près la même chaleur spécifique.

Telles sont aussi les différences qui existent entre les divers graphites, soit qu'ils représentent les états isomériques multiples d'un même carbone condensé, soit qu'ils répondent à des condensations diverses de ce même carbone. Des remarques semblables s'appliquent en général aux carbones amorphes. Nous avons donc là les exemples d'une certaine classe d'isomérie et de polymérie qui ne change pas notablement la chaleur spécifique.

Au contraire, l'étude comparée des carbones amorphes, des graphites et du diamant nous révèle un autre mode de condensation de la matière, plus profonde que la polymérie ordinaire et qui imprime à la chaleur spécifique des variations du même ordre que celles que l'on observe en passant d'un corps simple à un autre corps simple.

En effet, nous avons établi que les trois formes générales de carbone, telles qu'elles résultent de l'étude des chaleurs spécifiques, — à savoir : le carbone amorphe, le graphite et le diamant, — se retrouvent aussi dans l'étude chimique des diverses variétés du carbone, et qu'elles répondent à des classes distinctes de combinaisons.

Si la transformation de toutes ces combinaisons en certains dérivés communs, tels que l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'acétylène, ne pouvait être obtenue que par des procédés dépassant notre puissance actuelle, ne serions-nous pas conduits à regarder le carbone amorphe, le graphite, le diamant, comme trois corps simples distincts ? Et cette conclusion, appuyée sur la diversité de leurs composés oxydés, ne serait-elle pas corroborée par l'application de la loi de Dulong et Petit relative aux chaleurs spécifiques ?

M. Berthelot.

(1) *Leçon sur l'isomérie* professée devant la Société chimique de Paris, page 175. (Hachette.)

CHRONIQUE

Le succès qu'a obtenu la *Revue des cours scientifiques* vient d'inspirer en Angleterre la fondation d'un recueil périodique conçu d'après le même plan et qui prend le nom de *Nature*. Le premier numéro paraît aujourd'hui même à Londres.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

REVUE

DES

[C]OURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

[S]IXIÈME ANNÉE NUMÉRO 50 13 NOVEMBRE 1869

Paris, 12 novembre 1869.

[No]us parlions il y a quinze jours de la richesse et de l'in[dépe]ndance des universités allemandes. Le mode de nomina[tion] et la situation personnelle des professeurs viennent [ajout]er à ces éléments de force des conditions très-efficaces [d'acti]vité et de progrès.

[On] sait qu'il y a dans les universités d'outre-Rhin trois ordres [de pr]ofesseurs : les ordinaires, les extraordinaires et les *privat-[docen]ten*. Les professeurs ordinaires sont peu nombreux. [Même] dans les grandes universités, Berlin, Vienne, Bonn, [Bresl]au, etc., la faculté de philosophie, — la plus importante [des q]uatre puisque, outre la philosophie, elle renferme en[core] les sciences, l'érudition, l'histoire, les lettres, etc., — [n'en] possède que vingt-cinq à vingt-huit. Mais le nombre des [profe]sseurs extraordinaires, qui n'est pas limité, dépasse géné[ralem]ent celui des professeurs ordinaires ; il y en a trente-[deux] à la faculté de philosophie de Berlin. Enfin ce personnel [reç]oit encore des *privat docenten* qui enseignent de la même [mani]ère et avec autant de liberté que les professeurs, dans [les sa]lles de l'université, avec tous ses moyens matériels.

[Le]s professeurs ordinaires sont nommés par le chef de [l'État] sur une liste présentée par la Faculté et qui comprend [tantô]t trois noms, tantôt un seul, quand la Faculté le veut. [Un c]hoix hors de la liste est absolument sans exemple, même [en Au]triche. Mais des motifs politiques fort graves ont quel[quefo]is entraîné un refus de nomination, et, dans ce cas, l'af[faire] reste en suspens tant qu'on ne parvient pas à se mettre [d'acc]ord. Quelquefois aussi cette espèce de veto gouverne[ment]al a une autre cause. Lorsque les étudiants ne se trou[vent] pas satisfaits du choix de la Faculté, ils peuvent interve[nir d]irectement auprès du souverain. C'est une manifestation [de ce] genre qui a conquis la nomination d'un des professeurs [les p]lus connus de Vienne. — Les professeurs ordinaires reçoi[vent] un traitement fixe qui varie d'une Université à l'autre. [Quel]quefois, pour faire venir un savant illustre ou un profes[seur] populaire dont la réputation attirera les étudiants, cer[taine]s Universités lui assurent un traitement exceptionnel. [Le tr]aitement ordinaire, qui augmente tous les dix ans, n'est [pas] fort élevé ; mais il faut y ajouter les rétributions des [élèv]es qui, pour un professeur renommé, s'élèvent à un chiffre [très] supérieur. C'est ainsi que les universités allemandes sont [arri]vées à payer les hommes, sinon d'après leur mérite réel, [du m]oins d'après celui qu'ils passent pour avoir. Seulement, [pour] conserver cet avantage pécuniaire, il faut un travail de [tous] les jours qui permette de lutter victorieusement contre la concurrence de ses collègues. Vienne la vieillesse ou les défaillances de l'activité scientifique, et ce cortége d'étudiants s'en va peu à peu vers de plus jeunes ou de plus illustres, emportant avec lui l'éventuel du professeur. Mais, comme il est nommé à vie, son traitement fixe lui reste toujours ; il se trouve alors dans une situation analogue à celle que lui ferait chez nous la mise à la retraite, et l'enseignement n'en souffre pas, puisque sa place est occupée par les professeurs extraordinaires et les *privat docenten*.

Les professeurs extraordinaires sont nommés par le ministre sur la présentation — toujours consacrée — de la Faculté.

Quant aux *privat docenten*, l'Université les institue toute seule après des examens qui n'ont jamais le caractère de concours. Les Allemands ne veulent à aucun prix de ce genre d'épreuves, dont la popularité est si grande parmi nous qu'on se compromettrait beaucoup en l'attaquant. C'est peut-être là encore une des causes de la force de leurs universités, où l'on cherche moins à bien parler qu'à penser juste et neuf et à travailler beaucoup. N'ayant d'autres moyens de se distinguer que de faire des recherches originales, les jeunes savants d'Allemagne se dirigent aussitôt dans cette voie. D'un autre côté, ils peuvent montrer leur aptitude à l'enseignement par les cours qu'ils ne manquent pas de faire de très-bonne heure, comme *privat docenten*, et ils trouvent là un excitant précieux qui manque en France, où l'on ne peut jamais se produire que fort tard. Il n'est pas sans exemple chez nous qu'on ait paru trop jeune à quarante-cinq ans pour occuper une chaire publique. Que de forces perdues, que de progrès retardés par ce système qui stérilise la jeunesse en la confinant dans des situations où l'initiative est interdite ou dangereuse, et qui, au lieu d'aiguillonner son amour du nouveau, source de toutes les grandes découvertes, l'enchaîne autant que possible dans les liens d'une réserve prudente et d'une timidité de bon goût.

— Un des grands industriels d'Angleterre, M. James Young, se souvenant que sa fortune s'était fondée dans une industrie chimique, celle de la paraffine, a voulu témoigner sa reconnaissance envers la science qui l'avait enrichi. Il vient de donner à l'Université d'Anderson une somme de 250 000 francs destinée à l'établissement d'une chaire de chimie technique avec pensions et bourses gratuites. Cette chaire sera inaugurée par M. W. H. Perkin, de la Société royale de Londres, dont nous avons récemment publié une leçon sur les nouvelles matières colorantes et les ammoniaques composées.

ÉMILE ALGLAVE.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

M. E. BRUCKE

Les théories concernant les peptones et l'absorption des substances albuminoïdes

La dénomination de *peptones* a été introduite par Lehmann dans la nomenclature de la chimie physiologique. Lehmann dit à ce sujet (1) : « Les peptones ont été préparées par moi, en prenant du suc gastrique de chien, ou un liquide digestif artificiel obtenu avec les glandes pepsiques de l'estomac de porc, et le mettant en contact avec de l'albumine coagulée pure, de la fibrine, de la caséine, de la légumine, de la glutine et de la chondrine, à une température suffisante, jusqu'à ce que la majeure partie de la substance à digérer fût dissoute. Le mélange entier fut ensuite soumis à l'ébullition et filtré ; le liquide acide fut évaporé sur du carbonate de chaux, puis filtré de nouveau, et concentré jusqu'à consistance de miel. L'alcool (à 83 degr. centigr.) précipita la combinaison calcique des peptones et fit dissoudre le chlorure de calcium, ainsi que le chlorure de sodium. La partie insoluble, qui était encore très-hygroscopique et se prenait comme du vernis, fut traitée par l'alcool absolu et bouillant et finalement par l'éther additionné d'alcool. » On put facilement transformer la combinaison calcaire en combinaison alcaline à l'aide des carbonates alcalins. Les peptones furent obtenues, sinon exemptes, de substances minérales du moins très-pauvres en ces matières, lorsqu'on avait eu soin d'enlever la baryte en totalité, ou en majeure partie, en traitant avec précaution, par l'acide sulfurique, les combinaisons effectuées avec cette base.

Au sujet des peptones retirées du suc gastrique, Lehmann ajoute que leurs solutions aqueuses ne sont précipitées ni par l'ébullition, ni par les acides, ni par les alcalis, mais bien par les sels métalliques, le chlore et l'acide tannique.

Mulder annonça que les peptones qu'il avait obtenues par la digestion artificielle des matières albuminoïdes, n'étaient précipitées de leurs solutions acides et étendues par aucun des agents suivants : l'ébullition, — l'alcool, — l'acide nitrique, — le carbonate d'ammoniaque, — l'acétate neutre de plomb, — le cyanoferrure jaune de potassium, — le sulfate de soude (2).

Toutefois, les peptones furent envisagées par Mulder à un point de vue différent de celui sous lequel Lehmann les avait considérées. Suivant ce dernier, les peptones ne seraient que des modifications particulières de certains corps albuminoïdes, qui reprenaient probablement, après leur absorption, les propriétés des substances primitives. Il y aurait, par conséquent, une albumine-peptone, une fibrine-peptone, une caséine-peptone, une gélatine-peptone, etc. Pour Mulder, les peptones n'étaient que des produits de décomposition, lesquels, après leur absorption, se recombinaient et régénéraient les matières albuminoïdes nécessaires à l'organisme.

D'après Meissner (3), les corps albuminoïdes seraient dédoublés, dans l'acte de la digestion, en peptone et en parapeptone. La première présenterait les propriétés des peptones de Lehmann ; mais ni elle ni ses solutions acides et pures ne seraient troublées par le cyanoferrure jaune de potassium. La parapeptone pourrait être précipitée de ses solutions acides, en neutralisant ces dernières ; elle ne serait pas modifiée par le suc gastrique acide, même après une action prolongée de ce liquide (1). Plus tard, Meissner distingua un troisième produit de dédoublement, la métapeptone. D'après lui, cette dernière se dissoudrait dans l'eau pure moins facilement que la peptone, et se précipiterait en flocons lorsqu'on acidifierait sa solution avec l'acide chlorhydrique, en ajoutant plus de 0,1 pour 100 de cet acide ; mais elle se dissoudrait de nouveau sous l'influence d'un excès de ce même acide.

Meissner a distingué encore, dans la digestion de la caséine, un produit de dédoublement qu'il a appelé *dyspeptone*, corps azoté, insoluble dans l'eau et dans l'alcool, et difficilement soluble dans les acides moyennement concentrés.

Je n'ai pas l'intention de revenir ici sur les expériences et les objections que j'ai fait valoir contre les résultats des travaux de Meissner, aussitôt après leur publication (2). D'ailleurs, les faits que j'ai avancés ont été vérifiés depuis par d'autres, et les controverses que nous eûmes alors n'ont aucun rapport nécessaire avec le sujet actuel. Il suffit de mentionner les opinions de Meissner, qui sont un anneau de la chaîne des théories concernant les peptones.

Quand on eut appris à connaître, par les travaux de Corvisart, l'action digestive du suc pancréatique, on ajouta à la série des peptones proprement dites (produites par l'action de la pepsine), les peptones pancréatiques. Déjà, Corvisart avait proclamé l'identité des produits de la digestion opérée par le suc pancréatique avec ceux qui résultent de l'action du suc gastrique, et Kühne avait obtenu la peptone pancréatique proprement dite, laquelle possédait les propriétés générales que l'on attribue aux vraies peptones. Il faut remarquer, il est vrai, qu'il s'agit ici d'un ensemble de propriétés appartenant toutes à des substances très-différentes.

La question de savoir si les peptones pancréatiques sont ou ne sont pas identiques avec les autres peptones proprement dites est d'ailleurs d'un intérêt secondaire, au point de vue du sujet que j'ai à traiter aujourd'hui. Ce qu'il y a d'essentiel, c'est de savoir que, dans la conviction générale, les corps albuminoïdes devaient subir d'abord des modifications chimiques importantes, ou des dédoublements (Mulder, Meissner), avant d'être aptes à être absorbés ; lorsque ces modifications ou ces dédoublements ne s'étaient effectués que partiellement dans l'estomac, ils se complétaient dans l'intestin grêle.

Cette conviction n'a pas été moins clairement exprimée dans un récent écrit sur notre sujet, dans un discours d'ouverture prononcé par Ludimar Hermann à Zurich (3). Hermann s'efforce d'établir un lien commun entre les modifications que les divers aliments éprouvent dans le canal intestinal, et résume ainsi les résultats de ses observations :

« L'appareil de la digestion dédouble, à l'aide des ferments hydrolitiques, ces substances (les aliments) en parties sim-

(1) *Manuel de chimie physiologique*, 2e édition. Leipzig, 1850, tome II, p. 53.

(2) Les peptones. *Archives des mémoires hollandais sur les sciences naturelles et médicales*, vol. II, 1858, p. 3.

(3) De la digestion des corps albuminoïdes, *Journal de médecine rationnelle*, 3e série, vol. VII, p. 1. *Uber Verdanung der Eiweisskorper*, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, *dritte Reihe*, Bd VII, p. 1.

(1) J'ai dû m'élever contre cette proposition, parce qu'elle est en opposition directe avec mes expériences.

(2) Contributions à l'étude de la digestion. *Comptes rendus de l'Académie de Vienne*, vol. XXXVII, 1859, p. 169.

(3) Contrib. à l'étude de la digestion et de la nutrition, Zurich, 1867.

ples et solubles qui passent dans le sang. Ces produits de dédoublement, après avoir fixé de l'eau, forment des combinaisons plus compliquées, surtout à ce qu'il paraît, dans le foie ; de là résulte la possibilité de la régénération, non-seulement de certaines substances qui, telles que les graisses et l'albumine, doivent être dédoublées pour devenir filtrables, mais la possibilité de la production de combinaisons nouvelles et très-variées résultant de l'union des produits de dédoublement. »

En considérant, d'une manière spéciale, les matières albuminoïdes de diverse nature, soit la fibre musculaire, soit la fibrine du sang, soit le gluten, etc., Hermann ajoute que les choses ont été réglées de telle façon que ces matières puissent se convertir complétement en peptones ; car, après qu'elles ont été soumises à l'action du suc gastrique, elles trouvent encore dans l'estomac deux générateurs de peptones, le suc pancréatique et le suc intestinal.

Déjà, dans une *Contribution à l'étude de la digestion* (*Comptes rendus de l'Acad. de Vienne*, vol. XXXVII (1859), p. 171 ets qq.), je me suis prononcé contre l'opinion d'après laquelle tous les corps albuminoïdes devraient se convertir en peptones, avant d'être aptes à être absorbés ; on me permettra d'exposer avec détails les motifs pour lesquels je m'écarte de l'opinion de mes confrères, sur un point si important de la physiologie.

D'où est venue cette opinion vulgaire? On savait que l'albumine ne filtre et ne se diffuse que difficilement, on avait trouvé, au contraire, que les peptones filtrent et se diffusent avec facilité ; c'est pourquoi on se croyait autorisé à admettre que la *peptonisation* (*Peptonisirung*) était une condition nécessaire pour l'absorption; on allait jusqu'à considérer la peptonisation comme la digestion même, toutes les fois qu'on parlait de substances dissoutes en réalité dans l'estomac, mais non encore digérées, c'est-à-dire de substances réellement dissoutes, mais non encore transformées en peptones.

Il est nécessaire de donner la signification des expressions *difficilement diffusible* et *difficilement filtrable*, en elles-mêmes, et de dire ce qu'elles signifient au point de vue de l'absorption.

La diffusion libre (Jar-diffusion de Graham) dépend d'abord de l'attraction qui s'exerce entre les molécules des corps dissous et les molécules du dissolvant, de l'attraction qui s'exerce entre les molécules des liquides qui doivent se diffuser l'un avec l'autre. Elle dépend en second lieu de la fluidité des milieux où s'exerce la diffusion, parce que les courants moléculaires produits par la lumière et la chaleur activent la diffusion à un haut degré ; et, l'intensité de la cause agissante étant d'ailleurs égale, la rapidité de la diffusion est d'autant plus grande que la substance est plus fluide. (Voyez Sigmund Exner, *Du mouvement Brownien*, *Comptes rendus de l'Acad. de Vienne*, vol. LVI, c. II, p. 116.)

Cette libre diffusion n'a rien à faire avec l'absorption ; il ne doit être question ici que de la diffusion à travers des cloisons poreuses. Dans ce cas, les forces actives sont les mêmes, mais les phénomènes sont modifiés par la cloison, par l'étroitesse de ses pores et par l'attraction qu'elle exerce sur les substances qui doivent se diffuser.

Les filtrations s'en distinguent en ce que les forces actives sont autres ; savoir, les différences de pression entre les liquides qui se trouvent en contact au travers des parois. C'est pourquoi il faut comparer l'absorption par les vaisseaux chylifères, non à un processus de diffusion, mais à un processus de filtration, bien que, dans le canal intestinal, comme partout où des solutions hétérogènes se trouvent en contact, les lois de la diffusion exercent leur influence.

Tous les corps albuminoïdes passent difficilement à travers les filtres poreux, à cause des grandes dimensions de leurs molécules, comparativement aux sels, à l'urée et à d'autres corps cristallisables; mais elles ne sont pas toutes dificilement diffusibles au même degré, et aucune n'est si peu diffusible qu'on ne puisse conclure à sa non absorption.

S'il est vrai que du blanc d'œuf, épais et filant, ne puisse filtrer à travers un linge que sous l'influence d'une forte pression, il ne faut pas voir dans ce fait la preuve qu'une solution de caséine de lait, qui filtre facilement, ne puisse être absorbée en nature. D'un autre côté, la vitesse avec laquelle l'albumine de Wurtz passe à travers un filtre prouve qu'une filtration difficile, telle que celle que présente l'albumine ordinaire de l'œuf, ne fait aucunement partie des propriétés intégrantes de l'albumine naturelle (albumine soluble proprement dite).

Quels sont maintenant les résultats de nos expériences sur l'absorption directe des matières albuminoïdes?

On prétend que toutes les substances albuminoïdes doivent être transformées en peptones avant de pouvoir être absorbées. On avance, en outre, que les peptones ne se coagulent dans leurs dissolutions, ni spontanément, ni par la chaleur, et qu'elles ne sont pas précipitées lorsqu'on acidifie ces mêmes solutions.

Si l'on rapproche ces deux opinions, on arrive à la proposition suivante : il n'y a d'absorption possible pour aucune substance albuminoïde, ni pour aucun dérivé de ces substances dont les solutions se coagulent soit spontanément, soit sous l'influence d'une élévation de température, soit sous l'influence d'un acide. Cette proposition est essentiellement erronée, bien qu'elle ne contienne que les conclusions immédiates et nécessaires des opinions généralement admises.

Lorsque, en 1852, je m'appliquai à faire des recherches sur les vaisseaux chylifères et sur l'absorption du chyle, je vis qu'on n'obtenait aucun résultat, en suivant la voie habituelle, consistant à tuer les animaux au moment de l'absorption pour les examiner ensuite, parce que la contraction musculaire expulsait tout le chyle et de la muqueuse et des origines des vaisseaux chylifères.

C'est pourquoi j'ai tué les chiens pendant l'absorption, en enveloppant leur thorax d'un lien, puis je les ai abandonnés quarante-huit heures, parfois vingt-quatre heures seulement, dans un lieu froid, afin que les muscles fussent morts au moment où l'on devait les examiner.

Je trouvai alors, en ouvrant ces animaux, que le chyle était, la plupart du temps, coagulé dans les vaisseaux chylifères. Comme il n'y avait eu aucune élévation de température, la coagulation du chyle devait s'être produite, soit spontanément, soit par suite de la formation d'un acide. Il était assez juste de présumer que la dernière supposition était fondée, puisque, le plus souvent, j'avais expérimenté sur des mammifères allaités, et que le contenu de l'intestin grêle chaque fois que je l'avais examiné, présentait une réaction acide et était coagulé. Il était possible de constater la réaction acide dans la paroi intestinale elle-même et jusqu'à sa surface. Cependant, on pouvait encore présumer que le chyle ne se trouvait coagulé que par suite de son mélange avec la lymphe, attendu que les vaisseaux chylifères, qui rampent à la surface de l'intestin et sur le mésentère, contiennent,

outre le chyle, de la lymphe intestinale. Mais tel n'était pas assurément le cas, puisque dans les vaisseaux qui n'avaient pas reçu de lymphe intestinale, et même dans les espaces situés dans les villosités, dans les *Ampullæ Lieberkühniande*, le chyle était souvent coagulé de telle façon qu'on pouvait l'extraire par pression des vaisseaux sectionnés, sous l'aspect d'un corps filamenteux visible au microscope. J'ai fixé particulièrement mon attention sur ce sujet, parce que c'est sur ce fait que reposait l'utilité tout entière de mes préparations pour les recherches anatomiques.

Dans l'espace compris dans les villosités, il ne pouvait y avoir de mélangé au chyle qu'une petite quantité de plasma sanguin échappé des capillaires des villosités. Mais il est reconnu qu'on ne peut précipiter, dans le sérum sanguin, qu'une faible quantité d'albumine, au moyen des acides étendus et qu'on ne réussit, le plus souvent, qu'en ajoutant en même temps de l'eau et acidulant avec la plus grande précaution. L'albumine précipitable par les acides n'aurait pu, de cette manière, s'ajouter au chyle en quantité notable. Il n'y a qu'une substance fibrinogène qui s'y mélange. Mais la coagulation produite dans les premières voies chylifères ne provenait pas évidemment de la présence de cette substance, attendu que le chyle pris dans les vaisseaux chylifères du mésentère, auquel se trouve mélangée déjà la totalité de la lymphe intestinale, ne possède que faiblement la propriété de se coaguler spontanément. Les opinions anciennes, d'après lesquelles le chyle des divers animaux contient tant et tant pour 1000 de fibrine, sont fondées sur des expériences où le chyle avait été recueilli dans le canal thoracique et était, par suite, mélangé avec une grande quantité de lymphe.

Il est, par conséquent, hors de doute que l'intestin grêle absorbe une substance albuminoïde dépourvue des propriétés qu'on attribue aux peptones. Nous devons la ranger dans le groupe qui comprend l'albumine précipitable.

Ce n'est pas seulement chez les mammifères allaités et sur les cadavres d'enfants à la mamelle, que j'ai trouvé du chyle coagulé, mais aussi chez des animaux qui n'avaient point pris de lait, comme j'en ai fait mention dans mon travail inséré dans les *Mémoires* de notre Académie, vol. VI, p. 112.

Abstraction faite de l'albumine précipitable du pancréas, dont l'absorption serait possible, il n'est pas difficile de faire dériver des aliments azotés une matière albuminoïde coagulable dans de semblables circonstances. Lorsque, prenant une liqueur obtenue par la digestion de viande fraîche ou cuite, on la neutralise immédiatement après la solution de la viande, et avant que se soient produites les autres modifications que détermine le suc gastrique sous l'influence d'une action prolongée, on remarque que, lorsque la réaction est encore faiblement acide, il se précipite une matière albuminoïde soluble dans un excès d'alcali, et de nouveau précipitable lorsqu'on sature l'alcali jusqu'à ce que la liqueur redevienne faiblement acide. Ce précipité, qui a fourni à Meissner l'occasion de sa théorie de la parapeptone, forme, sous l'influence de l'afflux de la bile dans le duodénum, un précipité visqueux, d'un blanc jaunâtre, qui avait été déjà observé par Cl. Bernard il y a longtemps.

Ce précipité peut se dissoudre de nouveau dans le contenu [illegible] de l'intestin grêle. La substance albuminoïde, précipi- [illegible], peut se modifier encore sous l'influence du [illegible]; elle peut aussi être résorbée, en totalité [illegible] perdu la propriété de se séparer de nouveau sous l'influence d'un commencement de réaction acide. Si cette réaction arrive après la mort, elle produit en même temps la coagulation du chyle dans les chylifères.

Par suite de la propriété que possède le chyle de se coaguler après la mort, nous savons que la faculté d'être absorbées appartient à des substances albuminoïdes ne jouissant pas des propriétés que l'on attribue aux peptones; mais nous ne savons pas encore si l'albumine coagulable par la chaleur peut être absorbée. Cependant, cette question est pour nous d'un grand intérêt, puisque la plus grande partie de l'albumine dissoute dans nos humeurs se coagule par la chaleur. Je ne parle pas ici de ces coagulations que l'on observe dans le lait faiblement acide ou additionné de présure, mais d'une coagulation par la chaleur, telle que celle qu'éprouve l'albumine soluble ou naturelle, qui se coagule constamment sous l'influence de la chaleur, dans des solutions colorant en violet le papier bleu de tournesol, quel que soit le contenu salin de ces solutions, et qui, dans des solutions acides ou alcalines, ne se précipite par la chaleur que lorsqu'avant d'être portée à la température de l'ébullition, elle a déjà été modifiée par l'acide ou par l'alcali.

On sait que le suc pancréatique renferme un corps albuminoïde coagulable par la chaleur, et qu'on lui attribue le rôle le plus important dans l'émulsion des graisses avant leur absorption. La graisse n'est pas seulement absorbée, mais elle passe aussi dans les villosités, entraînée par un courant de liquide dans lequel nous la voyons de nouveau en suspension. Faut-il croire que les voies, qui sont assez larges pour permettre le passage des gouttelettes de graisse, soient assez étroites pour empêcher le passage de toutes les molécules de l'albumine qui a servi à leur émulsion? Ou bien faut-il admettre que l'albumine pancréatique est déjà transformée, au moment où l'émulsion est absorbée, en peptone pancréatique non coagulable? Quand cela a-t-il lieu? Dans le lieu même de déversement du suc pancréatique, nous voyons les vaisseaux chylifères se remplir d'un chyle blanc, et nous n'avons aucun motif pour admettre que l'absorption de l'émulsion ne commence pas au moment où elle est formée.

Si les voies sont perméables pour l'albumine provenant du suc pancréatique, qui coagule par la chaleur, pourquoi ne le seraient-elles pas pour l'albumine provenant des aliments? Je suis obligé de revenir sur un point que j'ai déjà signalé auparavant, à savoir que la difficulté de la filtration de l'albumine n'est pas liée à certaines réactions chimiques de l'ordre de celles que présente l'albumine naturelle, ou l'albumine soluble proprement dite, mais qu'elle dépend d'un état physique particulier. L'albumine fraîche du blanc d'œuf filtre très-difficilement; mais l'albumine de Wurtz, qu'on prépare avec elle, et qui se coagule également par la chaleur, filtre au contraire très-facilement, et l'on ne peut concevoir un obstacle capable d'empêcher son absorption lorsqu'elle se trouverait dans l'intestin grêle.

C'est ici le lieu de mentionner les expériences faites dans ces derniers temps par Joseph Bauer, dans le laboratoire de Voit. Bauer fit jeûner un chien jusqu'à ce que l'excrétion de l'urée fût à peu près constante; puis il injecta des solutions d'albumine dans le gros intestin. On devait constater une augmentation de l'urée lorsque des substances azotées furent absorbées. On injecta tantôt des solutions de peptone, tantôt du suc musculaire exprimé et acide, tantôt de l'albumine contenue dans une solution de sel marin, tantôt enfin

de l'albumine transformée en neige par le battage, puis redevenue fluide. De ces quatre solutions différentes, la dernière seule donna un résultat négatif. L'injection des deux premières fut suivie d'une augmentation de 8 grammes d'urée; la troisième solution produisit une augmentation de 7 grammes de ce principe. Il faut ajouter que Bauer n'est pas autrement adversaire de la théorie des peptones; mais il conclut, d'après ses expériences, à la possibilité de l'absorption directe de l'albumine. Il dit, page 504 (1) : « L'absorption de l'albumine ordinaire dans l'intestin est très-surprenante ; elle prouve, en tout cas, que l'albumine n'est pas absorbée exclusivement sous forme de peptone; car, si les liquides sécrétés par le gros intestin avaient la propriété de transformer l'albumine ordinaire en peptone plus diffusible, cette modification se produirait également sans l'addition de sel marin. Il serait singulier que l'absorption fût impossible lorsque les solutions albumineuses ordinaires peuvent traverser les membranes du corps sous certaines différences de pression (2).

Examinons maintenant sous quel état arrive dans l'intestin grêle l'albumine soluble, et facilement filtrable, qui provient des aliments.—Gmelin a trouvé en nature, dans l'intestin grêle, l'albumine soluble des aliments, et Busch en a constaté la présence chez sa malade affectée d'une fistule intestinale. Un simple coup d'œil nous apprend que, suivant toutes probabilités, l'albumine soluble passe généralement, dans l'intestin grêle, après qu'on a fait usage de viande crue. Je mélange, avec un bon liquide digestif, de la viande de bœuf crue et hachée. Je filtre lorsque la plus grande partie de la masse a été dissoute. Le liquide filtré est traité par le carbonate de soude jusqu'à la formation complète du précipité de neutralisation; puis je le filtre de nouveau. Le liquide, qui possède encore une réaction faiblement acide, passe facilement à travers le filtre, et laisse déposer, par la chaleur, d'abondants flocons d'albumine soluble. Nous avions donc de l'albumine soluble facilement filtrable.

A la température ordinaire des appartements, cette albumine soluble se conserve plusieurs jours dans le liquide digestif acide. Elle disparaît plus rapidement à la température de 38 degrés, mais jamais avec une rapidité suffisante pour qu'on puisse conclure que, chez les animaux à sang chaud, il ne passe dans l'intestin grêle aucune partie d'albumine soluble, après la digestion de viandes crues. J'ai fait digérer du bœuf cru et maigre pendant trois heures, à la température de 38 degrés Celsius, dans un bon liquide digestif préparé artificiellement. Au bout de ce temps, il restait encore quelques parcelles de viande non dissoutes. Puisqu'une partie de la viande venait de se dissoudre, le liquide obtenu contenait évidemment de l'albumine soluble. Dans une expérience, je déterminai la formation du précipité de neutralisation (parapeptone de Meissner), en ajoutant du carbonate de soude; je filtrai et je chauffai ce qui avait filtré. Il se déposa, par la chaleur, d'abondants flocons d'albumine coagulable. Je filtrai alors toute la solution acide provenant de la digestion, pour la séparer des résidus de la viande non digérée, et je répartis le liquide filtré dans huit verres que je plaçai dans un bain-marie à la température de 38 degrés. A chaque demi-heure, le contenu de l'un des verres fut soumis à l'essai précédent; je trouvai encore de l'albumine soluble dans le dernier verre, par conséquent au bout de quatre heures. Ces expériences furent faites avec un liquide digestif moyennement acidulé, attendu que sa menstrue était formée par une solution très-faible d'acide chlorhydrique ne contenant que 1 gramme de HCl par litre. Je sais, d'après mes expériences antérieures, que ce n'est pas la pepsine, mais l'acide qui enlève à l'albumine la propriété de se coaguler, et que, toutes choses égales d'ailleurs, cette propriété disparaît d'autant plus rapidement que l'acide est plus fort. C'est pourquoi je suis très-éloigné de prétendre que les produits de la digestion de la viande crue doivent contenir chaque fois de l'albumine soluble, lorsque, après leur dissolution, ils ont séjourné quatre heures dans l'estomac. Mais ils ne séjournent pas plus de quatre heures dans l'estomac après leur dissolution. Il suffit de remarquer la manière dont se produit le passage du chyme de l'estomac dans l'intestin, de remarquer que ce passage commence à s'opérer même avant que la digestion stomacale soit complète, et que l'intestin grêle contient des débris de substances digestibles mais non encore digérés, débris visibles sinon à l'œil nu du moins au microscope; il suffit enfin de remarquer que ces débris apparaissent constamment, en grande quantité, sous l'aspect de fragments de fibres musculaires, après l'alimentation avec de la viande crue ; on est donc obligé de reconnaître que, suivant toutes probabilités, après la digestion de viande crue, il doit, en général, passer de l'albumine soluble dans l'intestin grêle. Il est vrai que, si l'on se borne à chauffer le liquide pris dans l'estomac et filtré, ordinairement on n'obtient pas de coagulum, car une solution albumineuse étendue, et suffisamment acide pour qu'une digestion puisse s'opérer dans son sein, ne se coagule point par la chaleur; l'albumine soluble qu'elle contient reste dissoute, mais elle est modifiée de telle sorte qu'elle se précipite comme la syntonine, lorsqu'on neutralise ensuite l'acide au moyen d'un alcali ou d'un carbonate alcalin. Il faut préalablement neutraliser l'acide jusqu'à la formation du précipité de neutralisation, puis filtrer et chauffer le liquide qui a passé à travers le filtre.

En opérant de cette manière, on remarque bientôt que, pendant le régime de la viande crue, l'albumine soluble reste longtemps telle, et l'on se convainc de la nécessité d'admettre qu'elle passe sous cet état dans l'intestin grêle. Je vais citer un fait qui n'offre rien de particulier en lui-même, mais dont les différentes circonstances sont parfaitement fixées dans ma mémoire, attendu que je l'ai observé dans ces derniers temps. Un matin, entre huit et neuf heures, on donna à un chien une grande quantité de viande crue grossièrement hachée. A deux heures on l'étouffa ; on lia le pylore, l'œsophage, et l'on enleva l'estomac. Cet organe, après avoir été lavé à l'extérieur, fut ouvert par une incision et l'on vida son

(1) *Séance de la classe de math. et de phys. de l'Académie de Munich.*, 5 décembre 1868.

(2) Bauer s'exprime dans le même sens (p. 507) : « Lorsqu'on a injecté, chez un chat, des solutions de peptones, dans des anses intestinales qu'on a liées, on voit bientôt disparaître la totalité du liquide. Les choses se passent d'une toute autre façon lorsqu'on emploie de l'albumine ordinaire ou de l'albumine acidulée.

Il passe bien de l'albumine ; mais il faut un temps beaucoup plus long pour que l'absorption soit complétement effectuée, et l'anse intestinale se gonfle fortement, à un certain moment, par suite de la transsudation de l'eau du sang. L'absorption de l'albumine se produit, par conséquent, suivant les lois de l'osmose, et il passe beaucoup d'eau dans le canal intestinal à cause de l'équivalent osmotique de l'albumine ordinaire. Tel n'est pas le cas de la peptone, à cause du faible équivalent osmotique de cette substance, et il semble que ce motif, et d'autres encore, soient des preuves de la nécessité de la transformation de l'albumine ordinaire en peptone, au point de vue de l'absorption.

contenu. Il renfermait encore une quantité notable de morceaux de viande, ainsi qu'une certaine quantité de liquide. Afin de pouvoir filtrer plus rapidement ce contenu, on y ajouta un peu d'eau, on l'agita avec une baguette de verre et l'on passa sans lui laisser subir aucune autre digestion. On ajouta au liquide filtré une solution de carbonate de soude, jusqu'à la production du précipité de neutralisation. On obtint peu de chose, bien qu'on eût précipité complétement le liquide; après la formation du précipité, on filtra.

Le liquide filtré se troubla par la chaleur et donna d'abondants flocons d'albumine. Après la mort de l'animal, j'avais trouvé l'intestin grêle en pleine période d'absorption et les vaisseaux chylifères remplis. L'intestin contenait un liquide muqueux, riche en albumine soluble, et dans lequel le microscope indiquait la présence de fibres musculaires. L'animal était à jeun, au moins depuis quarante-deux heures, lorsqu'on lui donna des aliments pour la dernière fois ; car, ayant été amené deux jours auparavant, vers trois heures de l'après-midi, il avait jeûné jusqu'au matin du jour où l'on fit l'expérience. Il était par conséquent impossible de rapporter à une ingestion antérieure d'aliments la présence du contenu trouvé dans l'intestin, ainsi que le phénomène d'absorption dont cet organe était le siége. Ce chien avait été tué évidemment au moment où les aliments, digérés dans l'estomac, passaient en partie dans l'intestin grêle. Le liquide contenu dans l'estomac, de même que celui qui était contenu dans l'intestin grêle, renfermait de l'albumine. Or, peut-on nier ici que de l'albumine soluble soit passée de l'estomac dans l'intestin grêle? Du moment que le pylore avait laissé passer une grande quantité de fibres musculaires, cet orifice n'avait pu évidemment empêcher le passage de l'albumine soluble.

J'ai encore trouvé dans l'estomac une autre modification particulière de l'albumine, modification qui ne ressemble entièrement ni à l'albumine soluble ni au corps, analogue à la syntonine, qui forme le précipité ordinaire de neutralisation (la parapeptone de Meissner). Je l'ai trouvée d'abord dans l'estomac d'un chien qui avait mangé de la viande crue sept heures auparavant. Tandis que l'intestin grêle tout entier était le siége d'une pleine absorption, et que les vaisseaux chylifères étaient remplis, l'estomac contenait encore une quantité notable d'un liquide, dans lequel flottaient des débris de viande assez solides, ainsi que des restes d'aliments végétaux (navets) provenant d'une alimentation antérieure. Ce liquide fut neutralisé complétement, de telle façon à ne plus rougir le papier de tournesol; on le filtra ensuite. La partie qui avait passé à travers le filtre ne se coagula plus par la chaleur, même après l'addition de quelques gouttes d'acide acétique, jusqu'à ce que le papier bleu de tournesol fût coloré en violet. Mais, lorsque j'eus ajouté au liquide, soumis à une ébullition préalable, quelques gouttes d'acide acétique en quantité suffisante pour qu'il pût colorer le papier de tournesol d'une manière évidente, il se produisit dans sa masse un précipité abondant d'albumine. En versant au contraire de l'acide acétique dans le liquide brut, il se produisit un trouble d'apparence gélatineuse sans précipité, et je pus, par filtration, en retirer un liquide clair. Ce dernier liquide devint opalin sous l'influence de la chaleur; mais, lorsque je le chauffai, non filtré, et présentant un trouble d'apparence gélatineuse, il se rassembla en flocons albumineux opaques, et j'eus alors sous les yeux un précipité semblable à celui que j'avais obtenu auparavant dans le liquide préalablement soumis à l'ébullition et additionné d'acide acétique. Dans une autre expérience sur le liquide neutre retiré de l'estomac, j'ajoutai à ce liquide un peu de potasse et je fis bouillir. Je saturai ensuite par l'acide acétique ; j'obtins alors un nouveau précipité abondant d'albumine, en même temps qu'il se développa une odeur d'hydrogène sulfuré.

Il y avait par conséquent, dans le contenu stomacal, un corps albuminoïde qui, soluble dans un liquide neutre ou très-faiblement acide, possédait, ainsi que l'albumine ordinaire, la propriété d'éprouver une modification essentielle à la température de l'ébullition, et de se transformer en albumine précipitable, avec formation de sulfure de potassium, lorsqu'on faisait bouillir sa solution avec de la potasse. Mais il se distinguait de l'albumine soluble par sa propriété de se précipiter sous un aspect gélatineux, même dans sa solution neutre et froide, lorsqu'on l'avait additionné d'une certaine quantité d'acide acétique étendu, et enfin de se coaguler par la chaleur à ce moment, mais non dans sa solution neutre.

Ce corps paraît donc se rapprocher davantage de l'albumine naturelle que l'albumine ordinaire modifiée par les acides et l'albumine naturelle modifiée par les alcalis; il est même possible que je n'aie opéré, dans le cas actuel, que sur de l'albumine soluble dont les réactions étaient modifiées par la présence d'une plus grande quantité de sels phosphatiques; car plus tard j'ai trouvé, outre l'albumine ordinaire et soluble, un corps présentant les mêmes réactions, dans les produits de la digestion artificielle de viande de bœuf auxquels j'avais ajouté du phosphate de soude ordinaire. J'ai pu démontrer, à ce sujet, que l'addition de phosphate de soude produisait ces réactions anormales, et que l'on agissait alors sur de l'albumine soluble dont les réactions étaient modifiées. J'ai opéré sur ces mêmes produits de digestion sans les additionner de phosphate de soude; je les ai neutralisés jusqu'à la formation complète du précipité de neutralisation, puis j'ai filtré. Une portion du liquide filtré fut chauffée et débarrassée ainsi des flocons qui s'y étaient formés. L'acide acétique ne provoqua aucun précipité dans le liquide filtré. Le reste du même liquide, dont j'avais pris une partie pour la chauffer, fut additionné de phosphate de soude. Il colorait encore le papier de tournesol en violet d'une manière évidente. Lorsqu'il fut porté à l'ébullition, il se remplit de légers flocons d'albumine; mais le liquide obtenu par filtration donna encore un précipité par l'acide acétique.

Une autre expérience, faite avec le mélange des produits de digestion que j'avais retiré plus tard d'un autre morceau de viande de bœuf, ne réussit pas de la même manière. Il est donc probable qu'outre la présence d'un excès de sels phosphatiques, il y avait une autre condition nécessaire pour produire la réaction particulière de l'albumine soluble.

En ce qui concerne la digestion stomacale, l'albumine soluble ne se trouve que dans les produits de la digestion de la viande crue et de l'albumine crue. Aussitôt que l'albumine a été coagulée par la chaleur, aussitôt que la fibrine du sang ou des muscles a été modifiée par l'ébullition, on voit sans doute apparaître, dans les produits de la digestion opérée par le suc gastrique, de l'albumine qui se précipite lorsqu'on neutralise l'acide. Mais, lorsqu'on s'est débarrassé de ce précipité par filtration, le liquide qui a filtré ne se trouble plus à la température de l'ébullition. Lorsqu'on agit sur les produits de la digestion artificielle, on obtient un résultat complet, et le

éger trouble qu[illegible] l'on remarq[illegible] [illegible]
nine soluble contenu dans [illegible]
viande cuite, ne peut [illegible]
partie des produits de la digestion [illegible]
D'un autre côté, comme [illegible]
corps albuminoïdes [illegible]
ture de l'ébullition, on [illegible]
soluble est régénérée [illegible]
précipitable, ou à l'aide [illegible]
se coagulant plus par la chaleur [illegible]
ses se passent de [illegible]
masse des humeurs [illegible]
fois une expérience de Kühne [illegible]
savant dans le même sens [illegible] Kühne [illegible]
pancréatique modifié [illegible]
qu'elle pouvait se dissoudre [illegible]
et former avec cette solution [illegible]
chaleur. Il est donc possible [illegible]
pancréatique forme de l'albumine [illegible]
avec les substances albuminoïdes [illegible]
rées dans l'intestin grêle [illegible]
albuminoïdes précipitées dans [illegible]
masse des produits de la digestion [illegible]
et la neutralisation de l'acide [illegible]

La masse non digérée [illegible]
beaucoup plus grande [illegible]
même chez les animaux [illegible]
Chez le chien, à priori [illegible]
tivement étroit, [illegible]
cet animal, des fragments [illegible]
mais, par contre, des fragments [illegible]
exemple des morceaux de navet [illegible] pommes [illegible]
peuvent séjourner dans l'estomac [illegible]
Après l'alimentation avec [illegible]
l'intestin grêle apparaît comme une masse [illegible]
dans laquelle on [illegible]
breux, troubles et [illegible]
microscope, on y trouve une [illegible] quantité de fragments de fibres musculaires [illegible]

J'ai trouvé également dans l'intestin grêle une quantité notable d'albumine soluble coagulable par la chaleur pendant que l'absorption se produisait et même [illegible] l'alimentation avec de la viande cuite. Si on lave avec de l'eau le contenu de la partie supérieure de l'intestin grêle, [illegible] neutre ou alcalin, on y ajoute une quantité suffisante d'acide acétique pour que le liquide rougisse [illegible] le papier bleu de tournesol, et si l'on filtre ensuite, on remarque que le liquide opalin, qui passe à travers le filtre, se trouble fortement et perd même totalement sa transparence par la chaleur. Mais cette expérience ne prouve rien en elle-même, attendu que le suc pancréatique lui-même, — versé dans l'intestin grêle, — renferme de l'albumine soluble coagulable par la chaleur. On attribue à cette albumine pancréatique la propriété d'être précipitée par les acides étendus. Pour le savoir, j'ai pris, dans l'intestin grêle, le produit d'une alimentation avec de la viande cuite, je l'ai mélangé avec de l'eau, je l'ai additionné d'acide acétique jusqu'à réaction fortement acide.

[illegible]

En effet une peptone [illegible] spontanément [illegible] réactions que [illegible] peptone de Meissner se précipite [illegible]

(1) *Des réactions des matières albuminoïdes en contact avec l'acide borique* (*C. rend. de l'Ac. des sc. de Vienne*, vol. LV, 2e partie, p. 895.

de la solution qui la contient, mais cette parapeptone de Meissner n'est pas une vraie peptone, c'est une substance transformée en peptone par suite d'une action prolongée du suc gastrique. D'après une opinion émise pour la première fois, je crois, par Cl. Bernard, et assez généralement répandue, la parapeptone (Bernard ne connaissait pas ce nom pour cette substance, mais il connaissait le précipité qu'elle forme dans le duodénum) subirait une digestion ultérieure sous l'influence du suc pancréatique ; cette seconde digestion, produite par le suc pancréatique, consisterait généralement, d'après les idées courantes, en une métamorphose en peptone. Entre la parapeptone proprement dite et la peptone, il existe une échelle de graduation. En effet, lorsque la digestion est suffisamment avancée pour que, par suite de la neutralisation de l'acide, il ne se produise plus de précipité dans le mélange des produits de la digestion, il se précipite néanmoins, pendant un certain temps, une substance albuminoïde sous l'influence du ferrocyanure de potassium, et c'est seulement lorsque ce sel ne produit plus aucun précipité, qu'on doit considérer la peptonisation comme accomplie, car, suivant les données expresses de Meissner et de Mülder, les peptones ne sont pas précipitées par le ferrocyanure de potassium.

Puisqu'il y a absorption de substances albuminoïdes non encore transformées en peptones, que devient la théorie de la régénération ou de la reconstitution des matières albuminoïdes à l'aide des peptones? Cette doctrine tout entière repose sur la supposition que les matières albuminoïdes ne sont absorbées, ni comme telles, ni sous l'état où les aurait amenées une peptonisation incomplète. On dit : ce n'est pas l'albumine qui est absorbée, mais seulement la peptone. Pourtant l'organisme, pendant la période stationnaire de la vie, récupère sans cesse l'albumine qu'il perd, et, pendant la période d'accroissement, il fixe une nouvelle quantité de cette matière : il faut donc bien que les peptones soient régénérées ou reconstruites pour redevenir des substances albuminoïdes. Mais serait-il impossible que tant de matières albuminoïdes fussent absorbées, que la nutrition persistât, lors même que les peptones ne régénéreraient ou ne reconstruiraient quoi que ce soit ?

Je dois revenir ici sur une question que j'ai déjà agitée dans la première partie de mes contributions à la théorie de la digestion (1). Je veux parler du temps nécessaire à la transformation complète des matières albuminoïdes en peptones. Mulder employait en général quatre jours pour transformer complétement en peptones ses matières albuminoïdes. Ces dernières étaient soumises chaque jour, pendant huit heures, à la température de 40 degrés Celsius.

En ne tenant pas compte de l'influence exercée sur ce processus par la température ordinaire des appartements, on voit qu'il exigeait trente-deux heures pour se produire. Moi-même j'ai mis quinze heures, à la température de 35 à 38 degrés, pour transformer en peptone la parapeptone (précipité de neutralisation dans la solution acide des produits de digestion) obtenue avec l'albumine de l'œuf de poule, et pour produire une peptonisation telle que, en neutralisant l'acide, il ne se précipitât plus rien. Or, Meissner a dit qu'il n'avait jamais vu un pareil résultat se produire dans l'intervalle que je viens d'indiquer (*Rapport sur les progrès de la physiologie en 1859*, page 233).

Comparons les temps pendant lesquels les matières albuminoïdes sont exposées en réalité à l'action du suc stomacal. Beaumont cite, d'après ses observations, le nombre de six heures et demie pour la digestion d'un repas copieux. Ce temps est moins long pour un repas ordinaire ; on trouve même à ce sujet des observations telles que les suivantes :

Deuxième série. Expérience 43. — A onze heures et demie, ingestion de deux œufs cuits et trois pommes mûres. Au bout de quarante minutes, digestion commençante ; à midi et demi, estomac vide. — *Expérience 44.* — Le même jour, à deux heures, ingestion de viande de porc rôtie et végétaux ; à trois heures, chymification à moitié effectuée ; à quatre heures, l'estomac ne contient plus rien.

Busch s'est trouvé, sous certains rapports, dans de meilleures conditions pour expérimenter sur une patiente affectée d'une fistule intestinale placée fort haut, et dont l'état a été si bien décrit par lui (1). Busch a pu faire des observations sur le temps pendant lequel les aliments séjournent dans l'estomac, et sur l'état où ils se trouvent lorsqu'ils sortent de cet organe. Il dit : « La patiente prit des aliments faciles à reconnaître, tels que de la viande, des œufs ou des légumes, du pain, etc. On vit alors que c'était en moyenne entre quinze et trente minutes que les premières parcelles d'aliment apparaissaient à l'ouverture de la fistule. Comme exemples choisis parmi les nombreuses observations faites à ce sujet, j'en citerai quelques-unes, dans lesquelles sont indiqués les nombres correspondant au temps le plus court et le plus long qui ait été observé entre l'ingestion des aliments et leur apparition à l'ouverture de la fistule. Ainsi :

Des œufs cuits ont apparu au bout de	26	minutes.
— — —	20	—
— — —	35	—
Du chou, au bout de............	19	—
— —	15	—
De la viande, au bout de........	30	—
— —	22	—
Des navets, —	12	—
Des pommes de terre, au bout de	15	—

Après un repas abondant, il fallait en moyenne trois à quatre heures pour que l'estomac se vidât complétement. Il est vrai que cet organe contenait encore plus tard quelques parcelles d'aliments ; ces dernières apparaissaient alors comme des parcelles isolées dans la masse des aliments nouvellement ingérés. La seule exception observée fut la suivante : lorsqu'une grande quantité d'aliments avait été ingérée le soir, une partie seulement de ceux-ci quittait l'estomac le soir même, tandis que l'autre partie n'apparaissait qu'au matin dans le tube intestinal.

Bien que chez cette personne la transformation des matières albuminoïdes en peptones dût être relativement incomplète, à cause du peu de temps pendant lequel elles séjournaient dans le canal intestinal, il est bon de remarquer qu'on réussit néanmoins à la nourrir par les voies naturelles, malgré la faible étendue de la surface d'absorption, après l'avoir fortifié de nouveau avec une alimentation artificielle effectuée par l'ouverture intestinale. Ces faits prouvent que la portion absorbée des matières albuminoïdes était utilisée dans l'orga-

(1) *C. rend. de l'Ac. de Vienne*, vol. XXXVII (année 1859), p. 131.

(1) *Archives de Virchow*, tome XIV, page 140.

nisme, et n'avait aucun besoin d'éprouver ultérieurement une transformation complète en peptone.

C'est le suc pancréatique qui doit continuer et achever la transformation en peptone. Mais quiconque s'est fait une idée de la manière dont se passent les choses, sait que cela ne peut se faire que pour une partie des substances albuminoïdes qui doivent être absorbées. En effet, l'absorption commence aussitôt que le chyme est arrivé dans l'intestin grêle. Cette portion de l'intestin contient-elle des matières albuminoïdes susceptibles d'être absorbées, une partie de ces matières doit nécessairement subir l'absorption, même avant que l'action toujours lente du suc pancréatique ait eu le temps de les modifier davantage.

Si l'on pouvait faire vivre un animal sans déficit en lui donnant une quantité d'albumine égale à celle qu'il consomme nécessairement, quantité par suite égale à celle qu'il consomme lorsque les ingesta sont exempts de matières azotées, on serait obligé d'admettre une reconstitution ou une régénération des matières albuminoïdes au moyen des peptones, puisqu'il est certain qu'une partie des substances albuminoïdes contenues dans les aliments se transforme en peptones. Mais ce cas ne se présente jamais, d'après les expériences de Voit; il faut ingérer un poids de ces substances au moins deux fois et demie plus fort. Toutes les expériences échouèrent, lorsqu'elles furent faites en donnant aux animaux une masse de substances albuminoïdes moindre que la quantité correspondant à deux fois et demie celle qui était éliminée par l'urée, lorsque l'animal était soumis à l'inanition. Ces expériences ne réussirent pas non plus lorsqu'on ajouta à la nourriture une grande quantité d'aliments non azotés. Si donc, pour 100 parties de substances albuminoïdes ingérées, 40 sont absorbées avant leur transformation en peptones et servent à l'organisme, 60 parties pourraient être transformées en peptones sans contribuer à l'augmentation de la masse d'albumine dans l'organisme.

Mais les matières albuminoïdes absorbées sous un autre état que celui de peptones ne seraient-elles pas inutiles? Ne seraient-ce pas ces matières qui disparaîtraient sans être utilisées, tandis que l'albumine de l'organisme se régénérerait à l'aide des peptones?

Nous ne pouvons accepter cette opinion. J'ai déjà dit plus haut que, malgré sa fistule placée en un point élevé de l'intestin grêle, et par laquelle sortait tout ce qu'elle prenait, la malade de Busch pouvait se sustenter par les voies naturelles lorsque sa santé se fut rétablie. Mais cette observation renferme pour nous un autre enseignement qui nous est fourni à une période antérieure de l'histoire de la malade. Lorsque Busch reçut cette femme dans l'état le plus misérable, il pensa qu'elle ne pourrait reprendre ses forces, quand même les aliments seraient introduits en abondance par les voies naturelles, parce que le chyme s'écoulait par l'ouverture de la fistule après avoir traversé une portion relativement faible de l'intestin grêle. C'est pourquoi il introduisit des aliments par la fistule, et, comme il le dit lui-même, principalement des aliments protéiques, de manière à ce qu'ils traversassent la seconde portion tout entière du canal intestinal, jusqu'à l'anus. Les résultats furent surprenants. La malade se rétablit en peu de temps. Cependant cette partie inférieure du canal intestinal ne recevait ni suc stomacal ni suc pancréatique, et si l'on veut admettre que toute la partie des substances albuminoïdes utilisée après son absorption consistait en peptones, il faut établir sur l'action peptonisante du suc intestinal des suppositions qui jusqu'ici n'ont été appuyées par rien.

On pourrait admettre, à la vérité, que l'absorption effectuée dans la partie inférieure du canal intestinal ne fournissait que des matériaux servant à la respiration, et que, par conséquent, les peptones formées dans l'estomac et dans le duodénum pouvaient subir l'assimilation, tandis qu'auparavant elles étaient détruites pour fournir des matériaux à la respiration; mais il est probable que personne n'acceptera cette hypothèse.

Je rappellerai que la transformation en peptones des matières albuminoïdes qui se trouvent dans la partie supérieure de l'intestin grêle, ne paraît pas en général être fort avancée, et qu'il n'y avait pas lieu de considérer chez cette femme l'état des transformations ultérieures, telles que celles qui se produisent à l'état normal, dans les parties moyennes et inférieures de l'intestin grêle, par l'action persistante du suc pancréatique sur les matières albuminoïdes déjà modifiées dans l'estomac.

Expliquons ce qu'il y a d'artificiel et de forcé dans l'hypothèse citée plus haut.

Suivant elle, lorsque des substances albuminoïdes non encore transformées en peptones sont absorbées, elles doivent être consommées pour servir à la respiration, et l'on devrait adopter l'idée d'après laquelle la reconstitution de l'organisme s'opérerait à l'aide des peptones absorbées. Pourquoi en effet serait-ce à l'aide des peptones? On sait que la décomposition va plus loin encore; en effet, Kühne a signalé la leucine et la tyrosine comme produits de la continuation de la digestion pancréatique. Cependant, personne ne penserait à une régénération des corps albuminoïdes aux dépens de la leucine et de la tyrosine, lors même que ces substances seraient absorbées en quantités suffisantes et qu'elles seraient plus répandues dans l'organisme qu'elles ne le sont en réalité.

Les premiers comme les derniers termes d'une série de métamorphoses doivent, dit-on, disparaître, et l'on doit pouvoir tout reconstruire à l'aide de certains termes moyens, à l'aide des peptones. Pourquoi cette préférence accordée à des corps imparfaitement connus, qui ne présentent aucune réaction caractéristique, au sujet desquels on ignore même si jamais on se les est procurés à l'état pur, dont on ne connaît que le nom ainsi qu'une série de caractères, tantôt négatifs, tantôt non exclusifs, que leur assignent les quelques chimistes qui les ont étudiés? Le motif de cette préférence c'est évidemment ce fait que l'on considérait autrefois les peptones comme les corps les plus élevés, c'est-à-dire les plus rapprochés des corps albuminoïdes, parmi les produits absorbables provenant de la digestion. Mais, du moment qu'on s'est convaincu de l'absorption de matières albuminoïdes moins modifiées, les peptones doivent céder la place à ces dernières. Il n'y a, en effet, aucun motif spécieux pour croire que la reconstitution des matières albuminoïdes se fasse à l'aide de produits de décomposition. En général, l'organisme animal n'est pas analogue à celui des plantes, qui est formateur : l'organisme animal est oxydant, décomposant. Certains cas de génération de combinaisons compliquées à l'aide de combinaisons plus simples, par exemple, la génération de l'acide hippurique après l'absorption de l'acide benzoïque, ne peuvent être considérés que comme des phénomènes présentant quelque analogie avec ce qui se passerait dans l'hypothèse de la régénération des substances albuminoïdes, attendu que nous ne savons rien d'absolu au sujet de la synthèse de ces

dernières. On peut en dire autant de la régénération des graisses au moyen des acides gras, fait qui aurait été observé par Kühne et par Radziejewski. Il faut remarquer, à ce sujet, qu'en ce qui concerne les graisses considérées en général, il se produit un processus de décomposition; car après l'ingestion de graisses neutres, ces dernières sont absorbées en majeure partie en nature, et sont détruites dans l'organisme après leur absorption, jusqu'à ce qu'elles soient transformées en leurs produits ultimes, l'eau et l'acide carbonique.

Je ne puis non plus admettre sans conteste un troisième exemple cité par L. Hermann. Cet auteur écrit à ce sujet : « Enfin Tscherinoff a déclaré avoir entre les mains la preuve qu'après l'usage du sucre et après le passage de ce composé dans le sang, il pouvait se former une substance amylacée, le glycogène, que l'on trouve normalement dans le foie. »

Je n'ai pas connaissance des preuves que Tscherinoff possède à l'appui de cette hypothèse; mais les résultats auxquels l'ont conduit des expériences faites dans mon laboratoire, pendant l'hiver 1864-1865, peuvent recevoir une autre interprétation, comme il ressort de son mémoire publié à cette époque (*C. rend. de l'Acad. des sc. de Vienne*, LI, p. 412).

La question se pose donc simplement de la manière suivante : une série de corps albuminoïdes et de produits qui en sont les dérivés sont absorbés; nous ne pouvons les distinguer aujourd'hui que par la propriété qu'ils possèdent de se coaguler ou de ne pas se coaguler sous l'influence de la chaleur, par leur précipitation par les acides ou par les alcalis, par leur précipitation des liqueurs acides sous l'influence d'une solution étendue de cyanoferrure jaune de potassium, ou par les solutions concentrées des sels neutres ou des chlorures métalliques solubles, enfin par leur précipitation à l'aide de l'acétate neutre de plomb, de l'alcool, du tannin, etc. Il importe donc de déterminer, à l'aide d'expériences directes, quelles sont, parmi ces substances, celles qui peuvent servir spécialement à la régénération des matières albuminoïdes du sang, des muscles et des nerfs. Il importe de fixer la limite au delà de laquelle les matières albuminoïdes ne doivent plus être modifiées dans le canal intestinal, pour qu'elles puissent, après leur absorption, reproduire des substances albuminoïdes jouant le rôle de parties constitutives fonctionnelles de l'organisme.

La solution de cette question peut être difficile et laborieuse, mais elle semble possible à l'aide d'expériences faites en alimentant des animaux, soit par les voies naturelles, soit par des fistules pratiquées dans l'intestin grêle, et nous ne devons pas négliger *à priori* cette étude, dans l'hypothèse que les matières albuminoïdes provenant des aliments se transforment complétement, ou se dédoublent en peptones dans le canal intestinal, et qu'après leur absorption elles sont régénérées ou reconstruites à l'aide de ces mêmes peptones.

ERNST BRUCKE,
Professeur à l'Université de Vienne.

— Traduit de l'allemand par le Dr Rabuteau. —

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR

M. LE CAPITAINE MONCRIEFF

Les batteries d'artillerie pour la défense des côtes, système Moncrieff

Jusqu'à la guerre de Crimée, les progrès de l'artillerie avaient été faibles et lents. Les canons se fabriquaient presque sur les mêmes modèles et avec les mêmes matières qu'il y a trois cents ans.

La fonte n'était pas en usage; mais les pièces, forgées ou en bronze, quoique souvent assez grosses, n'étaient pas ce que nous appelons puissantes : leur boulet n'avait pas une force de pénétration suffisante pour traverser un parapet de terre, que nos canons rayés, même légers, percent parfaitement. Aussi, les conditions d'emploi de l'artillerie et les moyens de se garantir de son feu étaient restés à peu près les mêmes que du temps de Vauban.

Plusieurs faits observés pendant la campagne de Crimée confirmèrent une idée qui avait toujours eu plus ou moins de partisans, à savoir, qu'avec des pièces plus puissantes on obtiendrait de plus grands résultats qu'avec un poids de métal bien plus considérable réparti en un plus grand nombre de petites pièces d'artillerie.

Depuis 1855, les progrès de l'artillerie ont changé le caractère de la guerre sur terre et sur mer. Ils ont complétement établi la supériorité des grosses pièces en petit nombre. Ils ont donné à l'artillerie de tout genre une portée, une force de pénétration, une exactitude de tir, qui dépassent de beaucoup les meilleurs résultats obtenus auparavant. Enfin ils ont excité les défenseurs des pièces de fonte à canon lisse, à produire des modèles capables de rivaliser avec l'artillerie rayée. Cependant, il n'est nullement probable que la limite d'effet, soit des grosses pièces à canon lisse, soit des pièces rayées, ait encore été atteinte.

Quand on vit qu'on pourrait arriver à de grands résultats en perfectionnant l'artillerie, un grand nombre d'ingénieurs de talent tournèrent leurs efforts de ce côté. Des applications nouvelles, telles que celles du marteau à vapeur, d'autres méthodes de travail de l'acier furent mises en usage pour construire les nouvelles pièces de grande puissance. L'intérêt du sujet, l'attention qu'on y donna furent tels, que les conditions nouvelles où l'on se trouvait placé par suite de ces progrès mêmes de l'artillerie, coururent quelquefois risque d'être négligées. La puissance de l'artillerie était devenue si grande que les moyens ordinaires de protection contre son feu se trouvèrent inutiles. Des forts jugés capables de faire bonne résistance, il y a vingt ans, s'écrouleraient sous le choc des projectiles modernes, quelquefois même sous l'ébranlement causé par le feu de leurs propres pièces.

Mais c'est surtout la marine qui a été affectée par l'introduction de la nouvelle artillerie; aussi a-t-elle pris l'initiative des moyens de résistance à la force de pénétration qui rend les nouveaux projectiles si redoutables. Tout le monde est plus ou moins familiarisé avec les blindages de fer, dont l'épaisseur s'accroît chaque jour, au point qu'elle semble destinée à n'avoir d'autre limite que la puissance [illegible] du navire.

Cependant, les bâtiments de guer

ment leurs flancs contre les coups de l'ennemi ; ils portent aussi sur leur pont les plus grosses pièces d'artillerie. Ce fait ne pouvait pas être oublié par les ingénieurs chargés de construire les fortications des côtes. Je n'entrerai dans aucun détail sur les dispositions prises en Angleterre; le colonel Jervois (1) l'a fait ici de la manière la plus complète.

Des ingénieurs éminents ont tout mis en œuvre pour répondre aux exigences nouvelles. Leurs talents et leurs efforts, aidés des expériences de Shoeburyness (à l'embouchure de la Tamise), nous ont donné les blindages de fer, qui sont de véritables prodiges de force et d'invention. Malheureusement, ce sont aussi des prodiges de dépense. Il y a donc lieu d'espérer que, *sur terre*, on se bornera à les employer dans les lieux qu'il est impossible de défendre par d'autres moyens. Cette espérance repose sur un autre système, qui porte mon nom, et que je viens vous exposer aujourd'hui.

Il y a deux conditions dont il faut toujours tenir compte dans l'emploi de l'artillerie : la première, c'est de placer la pièce de manière à faire le plus de mal possible à l'ennemi; la seconde, c'est de la mettre en même temps à couvert, autant qu'on le peut, de façon que la pièce et les hommes qui la servent souffrent le moins possible du feu de l'ennemi.

Ces deux conditions se nuisent mutuellement ; c'est-à-dire que, jusqu'ici, tout ce que l'on a gagné d'un côté, on l'a perdu de l'autre. Les pièces *en barbette* (fig. 174) ne sont pas protégées. Avec des embrasures ou des casemates, l'action latérale est gênée ; il devient plus difficile de voir l'ennemi et de se servir des pièces. Les derniers perfectionnements de l'artillerie, la précision du tir, la portée des nouvelles pièces, les grands progrès dans la fabrication des grosses bombes et des carabines, rendaient les batteries à barbette trop exposées. Mais en même temps la force de pénétration et la précision effrayantes de la nouvelle artillerie rendaient inutiles les épaulements et les embrasures ordinaires. Que faire dans ces circonstances ?

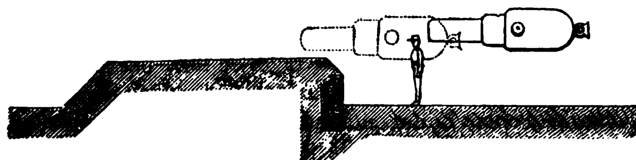


FIG. 174. — Batterie à barbette.

Il fallait à tout prix se couvrir du feu direct de l'ennemi.

Augmenter l'épaisseur du parapet, c'était impossible : l'angle qu'il faut donner aux joues des embrasures, pour permettre de pointer les canons, rend l'ouverture d'autant plus grande que l'épaulement est plus épais, de sorte que l'épaisseur *maxima* en usage est de 30 pieds (9 mètres environ). Mais on a vu des boulets pénétrer à plus de 30 pieds en terre. D'ailleurs la partie la plus importante du parapet, celle qui est près des pièces, doit toujours être mince, quelle que soit l'épaisseur du reste. Les bombes qui frapperaient cette partie rencontreraient juste assez de résistance pour éclater et faire de grands ravages parmi les hommes.

On songea au granit ; mais, à certains égards, il valait encore moins que la terre, et l'expérience le fit rejeter; il ne restait donc qu'à employer du fer. Les décisions des comités chargés de la question, l'avis des hommes du métier, les expériences faites pendant la guerre d'Amérique, se trouvèrent d'accord sur ce point. En conséquence, tous les ouvrages importants de nos côtes durent recevoir des cuirasses, des casemates et des coupoles de fer. Les points d'une importance vitale en Angleterre, nos arsenaux et nos chantiers maritimes, doivent être fortifiés. Là, aucune économie ne saurait justifier la construction d'ouvrages qui pourraient être à la fois le tombeau de leurs défenseurs, et peut-être celui de l'honneur national. Il fallait donc employer les moyens considérés alors comme les meilleurs et les plus sûrs.

La seule consolation qui reste aux hommes chargés de pourvoir à la défense, c'est qu'un seul genre de tir d'artillerie, très-meurtrier, n'a fait aucun progrès depuis le temps de la reine Élisabeth : c'est le tir vertical ou de mortier. Des mortiers rayés diminueraient sans doute la déviation à droite ou à gauche ; mais, tant que la force de la poudre sera soumise aux moindres influences atmosphériques, et surtout, tant qu'une légère erreur d'élévation, à longue portée, produira une erreur considérable dans le plan de tir, l'inexactitude comparative du tir vertical subsistera.

Pour montrer combien les résultats sont insuffisants de ce côté, quand on les compare à la précision et à l'exactitude admirables du tir direct, je citerai une expérience faite il y a quelques mois à Shoeburyness, où cent coups furent tirés le même jour, à une portée de 800 yards (730 mètres environ), et avec un mortier de 13 pouces, sur la ligne de casemates destinées aux expériences et couvrant un espace considérable. La position du mortier avait été vérifiée, avec des niveaux à bulle d'air, par tous les procédés de l'école d'artillerie; et cependant, sur les cent coups, pas un n'atteignit le but. Si les choses se passent ainsi quand on opère sur une plateforme immobile et dans des circonstances exceptionnellement favorables, il est facile de prévoir les résultats peu satisfaisants que donnerait la pratique sur des bateaux à mortier, remuant à chaque vague, lorsque d'ailleurs les dimensions du but à atteindre ne sont pas plus grandes. Pendant les onze mois du siége de Sébastopol, les Français eurent en batterie 242 mortiers exposés eux-mêmes au tir vertical de l'ennemi, et cependant pas un de ces mortiers ne fut démonté.

C'est là un contraste vraiment étrange : tandis que le tir direct devient chaque année plus puissant, plus exact, et plus destructeur, le tir vertical reste à peu près ce qu'il était ; il n'a quelque certitude que quand le but est de dimensions considérables, comme un fort, une ville. Cependant, ce serait se tromper que de le dédaigner comme moyen d'attaque puissant et meurtrier. — Revenons aux difficultés qu'il y a à résister au tir direct dans la défense des côtes.

Les batteries destinées à répondre au feu des vaisseaux ont affaire à un ennemi en mouvement, qui peut choisir la position où il est le moins exposé, continuer à se mouvoir en attaquant, enfin chercher la face la plus vulnérable des ouvrages ennemis, pour y diriger tous ses coups. Avant tout, il faut donner à ces batteries assez de force pour résister aux canons les plus puissants qu'il soit possible d'employer à bord des vaisseaux. Elles doivent être construites de manière à pouvoir diriger leur feu avec rapidité et précision sur toutes les positions que peuvent prendre les vaisseaux ennemis. Il faut enfin qu'elles soient armées de pièces dont la puissance les rende formidables pour les vaisseaux cuirassés les plus lourds.

(1) Voyez cette conférence dans notre numéro du 29 mai dernier, ci-dessus page 411.

Autrefois, on préférait pour ce service les pièces en barbette, parce qu'elles remplissaient les deux premières conditions. En effet, n'étant pas gênées par des embrasures, elles pouvaient, en toute liberté, suivre leur ennemi flottant dans toutes ses positions, car le feu des navires n'était alors ni assez exact, ni assez redoutable pour empêcher de se servir de pareilles batteries. Mais il n'en est plus ainsi maintenant ; pièces et projectiles, tout a été perfectionné, et ce sont les grosses bombes qui font le plus de mal. Le contre-amiral Porter, de la marine des États-Unis, s'exprime ainsi dans un rapport sur la défense des côtes : « Ces canons, *placés si haut*, sont justement les objets contre lesquels nos canonniers de marine prendraient plaisir à diriger leurs bombes Shrapnell ; et, d'après mon expérience du tir des vaisseaux, je n'hésite pas à affirmer qu'au troisième coup, il ne resterait pas un homme pour servir les pièces. » Von Scheliha (*Traité de la défense des côtes*), nous dit également : « Le feu de canons montés en barbette peut toujours être éteint par un vaisseau cuirassé. » Il faut donc renoncer à ce système de batteries.

Les batteries de maçonnerie ordinaire ont été condamnées comme pires qu'inutiles ; avec elles, le feu d'un vaisseau est plus meurtrier encore qu'avec des canons en barbette.

Vient ensuite le système coûteux maintenant en usage, les batteries cuirassées de fer (fig. 175), avec casemates (fig. 176), et tourelles (fig. 177). Il est fort intéressant d'examiner jusqu'à quel point ce système cuirassé remplit les trois conditions indispensables pour la défense des côtes, et de voir les difficultés énormes qu'il a fallu surmonter pour l'appliquer.

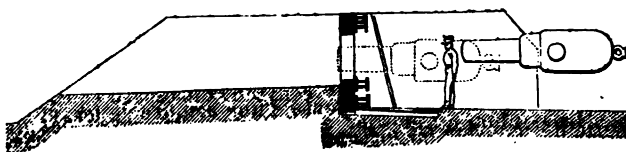


Fig. 175. — Batterie à cuirasse.

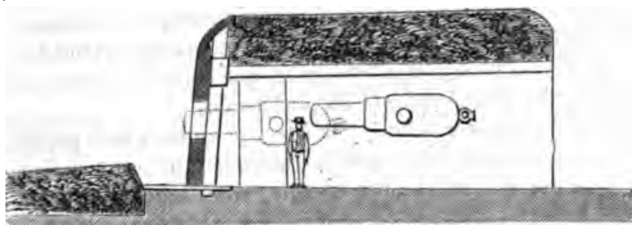


Fig. 176. — Batterie à casemate de fer.

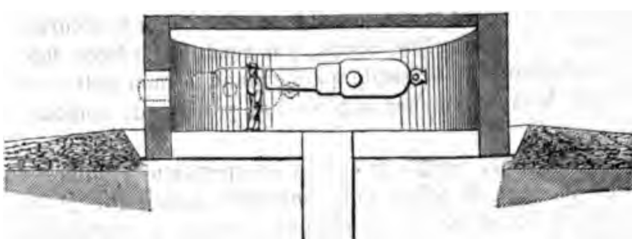


Fig. 177. — Batterie à tourelle de fer.

Rappelons ces trois conditions indispensables : 1° Force suffisante pour résister au feu des vaisseaux, et protéger convenablement les hommes.— 2° Facilité dans le service des pièces, pour assurer l'exactitude et l'efficacité du tir, suivre l'ennemi dans tous ses mouvements, et lui répondre de quelque côté qu'il vienne. — 3° Faculté de se servir avec avantage des canons les plus formidables.

La première difficulté fut de décider quelle force on donnerait aux ouvrages. La puissance des pièces croît de jour en jour, et, par conséquent, la force nécessaire pour leur résister est une véritable inconnue. Une casemate de fer, de la forme maintenant en usage, revient, suivant les comptes officiels, avec tous les accessoires de la batterie, excepté le canon et son affût, à environ 5 ou 6 mille livres sterling (125 000 ou 150 000 francs) par canon. Une tourelle pour deux pièces coûte environ 25 ou 30 mille livres (625 000 ou 750 000 francs) (1). Cependant, si l'on arme les vaisseaux avec des canons de cinquante tonnes (environ 51 000 kil.), ces ouvrages de défense deviennent complétement insuffisants, et il est impossible de dire la force ou la dépense qu'exigeront les nouveaux ouvrages en fer destinés à les remplacer. De pareilles questions doivent être un sérieux embarras pour ceux qui sont appelés à les décider.

Ce n'est pas seulement le canon et son affût, ce sont aussi les hommes qu'il faut mettre à l'abri des coups de l'ennemi ; c'est même là le point le plus sérieux ; voici pourquoi.

Les meilleures expériences d'attaques par des vaisseaux contre des batteries de terre nous viennent de la dernière guerre d'Amérique, pendant laquelle il y eut un grand nombre d'engagements de ce genre. La puissance croissante de l'artillerie ne fait qu'ajouter encore à la valeur de ces expériences. Or, pendant toute la durée de la guerre, le nombre des pièces détruites dans des ouvrages de terre par le feu des vaisseaux fut extrêmement restreint. Au fort Wagner, trois canons seulement furent entièrement démontés, bien que 2664 bombes ou boulets eussent été tirés contre le fort en 48 heures, et que les parapets à l'épreuve de la bombe eussent été touchés 1200 fois. Dix-sept mortiers de siége, plusieurs pièces à la Cohorn et treize gros canons avaient tiré sans interruption. Au fort Fisher, le bombardement fut commencé avec une vitesse de 115 bombes par minute, et, quoique les canons fussent montés en barbette, il n'y en avait encore que deux de démontés quand le fort se rendit. Au fort Powell, un bombardement terrible fut entretenu du 22 février au 2 mars par des bateaux à mortiers et des canonnières ; les mortiers, de 15 pouces, donnaient le tir le plus exact : et cependant pas une seule pièce ne fut démontée. Les vaisseaux ne triomphèrent des forts qu'en démolissant leurs ouvrages, ou, plus souvent encore, en rendant le service des pièces trop dangereux pour qu'il fût possible de le continuer.

Le contre-amiral Porter, de la marine des États-Unis, déclare, dans son rapport sur la défense des côtes, que « les nouvelles casemates ne valent pas mieux, après tout, que des batteries en barbette. C'étaient de véritables abattoirs ; elles ont toujours été encombrées de morts et de blessés. Chaque bombe qui entrait par les embrasures tuait ou blessait tous ceux qui se trouvaient dans l'étroit espace de la casemate. J'y ai trouvé la preuve évidente que les canons en casemates

(1) Le prix d'une batterie fixe du système Moncrieff, avec magasins à poudre, etc., y compris la dépense des affûts, est de 11 à 1500 livres sterling (de 27 500 à 37 500 francs) par canon ; une batterie blindée de fer coûte de 1800 à 2000 livres (de 45 000 à 50 000 fr.) par canon ; une batterie casematée de fer, de 5 à 6000 livres par canon ; une tourelle, de 12 500 à 15 000 livres (de 312 500 à 375 000 fr. par canon.

nt pas plus à l'abri des bombes que ceux en barbette. »
ec de pareils témoignages, donnés par des hommes qui
nt pris part à tous les événements de cette grande guerre,
it bien difficile de décider ce qui valait le mieux. Pour
je ne vois pas bien comment des hommes sont aussi ex-
dans une casemate de fer que dans une batterie en
tte ; mais il n'est pas douteux que, si l'embrasure de la
orte casemate était aussi large que celle dont parle l'ami-
orter, on s'y trouverait exposé au même danger dans les
es circonstances, puisque les pertes dont il parle étaient
à l'entrée des bombes par les embrasures.
bri qu'offre une casemate contre le tir vertical ne serait
bien mince avantage en pareil cas, si des armes plus
es et plus meurtrières que le mortier du moyen âge pou-
t néanmoins chercher de temps en temps le point faible
casemate, et tuer tous ceux qu'elle renferme.
deuxième condition que doit remplir une batterie de côte,
de pouvoir suivre l'ennemi au milieu de nuages de
e, et diriger les pièces contre lui d'une manière exacte
pide, présente une difficulté plus grande encore que la
ière.
n côté, les embrasures doivent être construites avec des
rtures à pivôt, afin de protéger les hommes. De l'autre, si
s fait petites, il est difficile de voir à travers, de tirer
et vite à des hauteurs différentes, et de différents côtés,
n ennemi en mouvement. La batterie se trouve dans la
ion d'un chevalier qui doit ou s'exposer à la lance de
ennemi, ou mettre une armure qui paralyse les mouve-
ts de son bras droit. Mais on se défend aussi bien avec la
lté de frapper qu'avec celle de parer ; et, comme les ac-
sur mer doivent le plus souvent être courtes et déci-
, il est fort douteux que ce soit la peine d'acheter un
plus de sécurité au prix de la faculté d'attaquer l'ennemi.
dernière condition, c'est la nécessité d'employer les pièces
lus puissantes. Elle n'a pas présenté les mêmes difficultés
les deux autres, parce que ceux qui ont tracé le plan de
ouvrages de défense avaient reçu de mon ami, le capitaine
, les moyens de monter les canons les plus lourds et de
servir dans toutes les directions. Quand on dispose de
s très-grosses et très-puissantes, il ne faut pas que leur
n soit gênée ni restreinte à un champ limité. On a donc
éré la tourelle à la casemate, quand il s'agissait d'aug-
ter l'action latérale de la pièce. Malgré son prix plus élevé
pparence, ce système coûte en réalité moins cher que les
nates ; car, si l'on dépense plus pour monter les pièces
tte manière, elles peuvent rendre plus de services, et don-
en réalité une économie de canons et d'hommes.
s perfectionnements récents de l'artillerie ont créé aux
eurs eux-mêmes des difficultés, moins importantes sans
e que celles des ingénieurs, mais néanmoins très-sérieu-
quelques-unes ont même paru jusqu'ici insurmontables.
incipale c'est la nécessité de faire des affûts et des plates-
es assez forts pour les nouvelles pièces rayées de grande
ance. Ces pièces brûlent des charges de poudre énor-
et lancent des projectiles aussi lourds qu'une ancienne
de campagne, avec une vitesse de 1000 pieds (304 mè-
par seconde. Le recul de pareilles pièces représente
force à la violence de laquelle l'homme n'avait jamais
re eu à résister. Qu'on s'imagine une masse de fer du
de 12, 18 ou 25 tonnes (de 12 000 à 25 000 kilogrammes),
brusquement en mouvement avec une violence auprès de laquelle le coup d'un marteau à vapeur n'est rien. C'est cette force qu'il faut maîtriser et diriger. L'attaquer de front, et chercher à l'arrêter par le frottement, comme on le fait maintenant dans le système ordinaire, c'est s'exposer à des difficultés énormes. L'effort dans le plan horizontal, que supportent alors les plates-formes, les pivôts et les coulisses, est si grand qu'on n'a pas encore réussi à l'annuler entièrement ; à chaque instant on essaye des inventions destinées à neutraliser cette force.

J'espère vous avoir donné une idée de l'embarras et des difficultés qu'éprouvent et les artilleurs et les ingénieurs, par suite du perfectionnement rapide de ces formidables engins de guerre ; vous voyez quelle lutte il a fallu soutenir, quelle persistance et quelle habileté il a fallu déployer pour résister à des forces aussi terribles.

Les résultats obtenus de part et d'autre sont merveilleux ; mais la joie du succès est empoisonnée par cette loi fatale qui pèse sur la science militaire, loi à laquelle nous n'avons pas encore pu échapper : ce que l'on gagne en sécurité, on le perd en puissance, et réciproquement.

Cependant il m'a été donné de concevoir et de développer une idée qui abroge cette loi. La force même dont l'existence a toujours été une si grande difficulté pour l'artillerie, je l'ai contrainte à remplir une tâche qui fait disparaître du même coup un grand nombre d'autres difficultés de fortification fort embarrassantes. Quand deux maux existent à la fois, c'est une bonne politique de les détruire l'un par l'autre.

Mon système permet de monter les pièces les plus lourdes, tout en simplifiant la question si difficile des fortifications ; il donne la sécurité sans la dépense d'une armure de fer, et la liberté de mouvoir les pièces dans toutes les directions, tout en restant à couvert. Ce système est des plus simples ; il ne demande pour son application ni force matérielle, ni grande dépense ; avec lui, plus de ces forges gigantesques, destinées à marteler des murs de fer pour couvrir nos canons et nos canonnières ; il n'exige d'autre secours que celui des forces de la nature les plus simples et les plus dociles.

Au lieu d'opposer la force à la force, je soumets mes pièces aux conditions inévitables que la science leur impose ; au lieu de dépenser follement notre énergie, notre argent et nos talents à essayer d'élever des remparts qui résistent à la nouvelle artillerie, j'emploie la force de recul, force jusqu'ici purement destructive, à abaisser la pièce au-dessous du niveau du sol, où l'on peut la charger et la manier en toute sécurité et à son aise. En même temps, j'ai rendu cette force destructive tellement obéissante qu'elle vient, à mon ordre, et dès qu'il le faut, ramener la pièce à sa position de combat.

C'est en 1855, lorsque je suivais les opérations si intéressantes du siége de Sébastopol, cherchant, autant que je le pouvais, à comprendre les conditions d'emploi de l'artillerie de siége, que je conçus l'idée maintenant mise à exécution. Ce fut alors que je vis tout le parti que l'on peut tirer des remparts de terre, et l'importance des moyens simples.

Évidemment, le point faible d'une batterie est son embrasure : elle offre à l'ennemi un point de mire, un passage pour ses projectiles ; elle exige des réparations continuelles, puisque le feu de sa propre pièce endommage à chaque instant les revêtements de ses jours. Je pensai qu'il était possible de remédier à quelques-uns de ces inconvénients. Plus tard, je conçus différents plans, dont j'exécutai des esquisses ou des

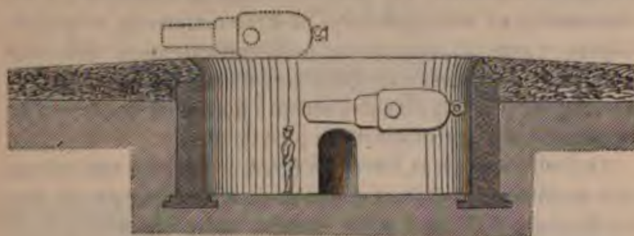
modèles; mais tous présentaient des défauts qui se révélaient à moi, à mesure que j'acquérais plus d'expérience.

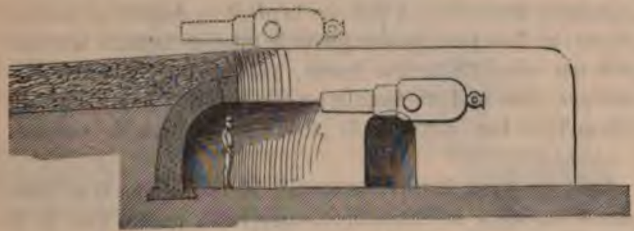
La difficulté véritable venait de la nécessité de neutraliser l'effort énorme exercé par le recul. Tous mes projets, quelques-uns excellents sous d'autres rapports, venaient échouer devant cette difficulté; et, quoique certains fussent sans doute suffisants pour de petites pièces, aucun n'aurait pu résister à l'énorme force de recul des gros canons rayés. Je trouvai enfin un moyen simple de triompher de la difficulté : il ne s'agissait que de mettre un point d'appui mobile entre la pièce et la plate-forme. Je vis bien alors que le problème n'était pas insoluble. Sentant sa grande importance, je tournai tous mes efforts vers la recherche d'une solution complète.

Tandis que mon attention se fixait sur cette question simple, mais qui, alors, me paraissait si obscure, je n'étais pas, vous pouvez le croire, un témoin oisif ou insouciant du progrès de l'artillerie. Chacun de ces progrès augmentait en moi la conviction qu'une solution deviendrait un jour nécessaire, et cette conviction m'empêcha de ralentir mes efforts ou de céder au découragement.

Le système auquel j'arrivai porte sur trois points principaux: 1° le principe mécanique des affûts, 2° la forme intérieure et extérieure des batteries, 3° le choix du terrain des batteries, et la disposition qui permet d'en tirer le plus grand avantage ; en d'autres termes, la *tactique* défensive pour les positions où le système est appliqué.

Le principe de la construction de l'affût est le point le plus important du nouveau système ; c'est de là que dépend la possibilité de tout le reste. Ce principe consiste, en somme, à utiliser la force de recul pour amener la pièce tout entière au-dessous de la crête de l'épaulement (fig. 178 et 179), ce


FIG. 178. — Batterie Moncrieff.


FIG. 179.— Batterie Moncrieff avec voûte.

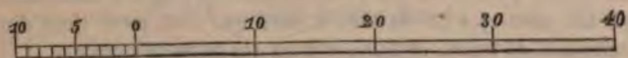


FIG. 180. — Échelle de proportions des figures précédentes, en pieds anglais.

qui permet de la charger hors de la vue de l'ennemi et à l'abri, tout en réservant une portion de la même force pour ramener la pièce à sa position de combat.

Ce principe est commun à tous les affûts ; mais la forme de ces affûts et le mode d'application du principe diffèrent suivant le cas. Par exemple, avec les pièces de siége pour lesquelles la question de poids est importante, ce n'est pas un contre-poids qui modère le recul. Au contraire, avec les grosses pièces de rempart, qui, une fois montées, doivent rester à la même place, le poids n'est pas un inconvénient. On peut alors employer la pesanteur pour modérer le recul, parce que cette force est constante, facile à diriger, peu susceptible d'écarts. Comme ces affûts servent pour les plus grosses pièces, c'est un grand avantage de pouvoir les manier par les moyens les plus simples.

La principale difficulté vient de l'énorme force de recul des grosses pièces; il nous reste à montrer comment on en triomphe.

La partie de l'affût qu'on nomme l'*élévateur* peut être considérée comme un levier ; à l'extrémité du bras de levier de la puissance se trouve l'essieu de l'affût ; à l'extrémité du bras de levier de la résistance est le centre de gravité du contre-poids ; entre les deux, un point d'appui mobile. Quand la pièce occupe la position de tir, le point d'appui de ce levier coïncide presque avec le centre de gravité du contre-poids. Quand le coup part, les élévateurs roulent sur la plate-forme, et par conséquent le point d'appui recule de l'extrémité du bras de levier de la résistance vers celle du bras de levier de la puissance, ou, en d'autres termes, passe du contre-poids à la pièce même.

Lorsque le coup part, l'essieu recule, en suivant la partie supérieure ou plate d'une cycloïde. Le recul est libre, sans effort exercé sur aucune des parties de l'affût, parce que le contre-poids se met en mouvement avec une vitesse extrêmement faible. Mais, à mesure que le recul s'effectue, les conditions changent, car le point d'appui mobile s'avance vers la pièce, augmentant à chaque instant la longueur du bras de levier de la résistance. Ainsi la force qui résiste au recul, très-petite d'abord, suit une progression croissante à mesure que le canon descend, jusqu'à ce qu'au bout de sa course il se trouve saisi par une patte ou griffe automatique.

Le recul s'effectue sans secousse, sans effort brusque, et sa force reste à la disposition des servants de la pièce, pour la ramener à la position de tir dès qu'ils le jugent convenable. En outre, le recul, quoique violent d'abord, n'exerce pas sur la plate-forme d'effort nuisible dans le sens horizontal. Dans les expériences que j'ai faites à Édimbourg avec une pièce de 32, j'ai constaté que la vibration imprimée par le coup à la plate-forme est si légère, que les rails ordinaires sur lesquels roulaient les élévateurs, et qui étaient à peine retenus en place, n'avaient pas bougé. Même avec les plus fortes charges, ou avec deux boulets, le sable et la poussière qui se trouvaient sur la face convexe de ces rails, ne s'en trouvaient pas dérangés. Dans une expérience précédente, un modèle de pièce pesant 95 quintaux (4800 kilogr.), tira sur la glace avec les plus fortes charges, sans bouger.

Il est impossible d'apprécier pleinement cet instrument précieux de notre système, si l'on ne se rappelle la difficulté que l'on a éprouvée, et que l'on éprouve encore, à obtenir des pivots, des plates-formes, etc., du système ordinaire, assez forts pour monter la nouvelle artillerie, lorsque le recul est arrêté par l'application directe du frottement, à l'aide de ce qu'on appelle des *compresseurs* adaptés à la plate-forme.

Sans insister sur ces difficultés, je dirai seulement qu'il y a quelques mois, au fort Gilkicker, les deux premiers canons de 12 tonnes (12192 kilogr.), montés sur affûts ordinaires, qui

t tirés dans les casemates, se trouvèrent tous deux hors mbat dès le premier coup. Ce résultat alarmant a mon- l'avec toute l'expérience de l'artillerie il était douteux e problème de la neutralisation du recul eût encore mplétement résolu par le système en vigueur. C'était là cident sérieux, qui pourrait arriver au milieu d'un com- t rendrait la pièce momentanément aussi inutile que si ût été démontée par un boulet ennemi.

nouveau système a certainement le mérite de donner un pour les pièces les plus lourdes, construit sur un prin- ntièrement nouveau, et dans lequel aucune partie n'est sur un modèle antérieur. Il agit dans des conditions nouvelles, et remplit des fonctions qu'aucun autre n'a- amais remplies. Cependant ce nouvel affût, le premier spèce qui soit complet, a maintenant servi à tirer *deux coups*. Dans ce long service, il ne s'est produit que quel- accidents,provenant de défauts accessoires auxquels il a cile de remédier.

traitant cette force violente du recul comme nous l'avons ié plus haut, une grande partie de la solidité qu'exigent tres systèmes devient inutile. Avec les affûts nouveaux uvent quelques perfectionnements moins importants, ue tourillons de pointage, mires à réflection, coulisses ées, et autres accessoires, que nous ne pouvons discuter ent, mais qui contribuent à rendre le système complet cace, et sont plus ou moins nécessaires pour constituer at capable de servir à la défense des côtes.

seconde partie du système, le profil des batteries, a la rande importance, car en le négligeant on se prive ages considérables. C'est là un point qui rend mon sys- difficilement applicable aux ouvrages existants. Pour en out le parti possible, aucune face du parapet inclinée érieur ne doit être exposée à la vue de l'ennemi. Cette ition ne lui permet pas de savoir si ses coups portent ou nt perdus, et il lui est impossible de rectifier son tir. terie se trouve donc masquée de fait, de sorte qu'à ie distance, ou par un temps sombre, un vaisseau en ment aurait bien de la peine à diriger ses canons con- e même batterie. La difficulté s'accroîtrait encore, s'il y lusieurs batteries convenablement disposées de manière aper les yeux. La moindre erreur de pointage suffirait ur faire passer le projectile au-dessus de la batterie, ur le faire ricocher sur le glacis ou le revêtement su- r. Dès que la pièce se trouve rentrée, l'ennemi n'a plus oint de mire qu'une ligne horizontale mal définie.

t ici le lieu de citer un fait intéressant, rapporté par éral Simmons à la dernière discussion des Ingénieurs sur un de mes mémoires. Le général a déclaré qu'en ant les rapports sur les essais comparatifs, faits avec le rand soin, des canons Armstrong et Whitworth, il a une grande différence entre la moyenne de l'inexacti- u tir horizontal et celle du tir vertical. Dans le tir ho- l, l'inexactitude croît presque en raison directe de la , c'est-à-dire qu'à 400 *yards* elle est quatre fois aussi qu'à 100 *yards*; tandis que, pour le tir vertical, ctitude suit une progression rapidement croissante, indique qu'il serait bien plus difficile de frapper un peu bas, qu'un autre plus élevé et d'égale surface.

loi est importante pour la question qui nous occupe, oit pas être négligée par ceux qui tracent le plan d'ou- défensifs quels qu'ils soient.

On remarquera que l'inclinaison intérieure du parapet protége complétement les hommes, surtout quand c'est la disposition en forme de voûte que l'on adopte.

Jusqu'ici, le nouveau système n'a été regardé que comme un perfectionnement. On n'en a considéré la valeur qu'au point de vue de l'application aux forts actuellement existant, sans se proposer de l'appliquer par lui-même. Or, il est impossible de bien l'apprécier ainsi. J'espère qu'on en reconnaîtra la véritable importance avant que la guerre soit venue nous donner une leçon inévitable, et qu'on l'appliquera à des ouvrages construits expressément pour lui.

La troisième partie de mon système comprend la disposition topographique des batteries, et la manière d'opérer avec plusieurs de concert, ou pour se soutenir l'une l'autre.

Si j'osais me permettre ce paradoxe, je dirais que mon système de défense des côtes consiste dans l'absence de tout système défini. Au lieu de faire de grands forts réguliers, et de contraindre tout ce qui les entoure à se mettre en harmonie avec eux, je m'empare de tous les accidents de terrain dont je puis profiter, et je dispose de petites batteries de quelques pièces, ou même d'une seule pièce très-puissante, de façon à ne pas changer l'aspect naturel de la position.

Ces batteries doivent être à une certaine distance du chenal, et placées de manière à se soutenir mutuellement en cas d'attaque; elles doivent, toutes les fois que les circonstances le permettent, se couvrir mutuellement sur les flancs, se relier aux obstacles de tout genre dont on pourra profiter, ainsi qu'à des redoutes, garnies d'infanterie et d'artillerie légère, commandant, s'il se peut, les batteries de côte, pour empêcher l'ennemi de s'y maintenir, et placées dans la meilleure position pour une réserve prête à soutenir tous les points menacés. Le tout enfin doit être en communication avec de bonnes routes, à l'abri du feu de l'ennemi.

Par exemple, pour fermer le passage d'une rivière navigable ou d'un chenal, les canons, au lieu d'être massés sur un point, doivent être dispersés autour des points où l'on a placé des obstructions sous-marines. Ils doivent être disposés de façon à conserver à la défense les avantages du tir dans toutes les directions, du feu convergent, et ceux de plusieurs positions se commandant successivement. En d'autres termes, ma méthode consiste à mettre en position l'artillerie la plus lourde et la plus puissante, avec le plus d'avantages possible. Ce doit être là la première considération. Ensuite, on protégera les batteries par des dispositions séparées, qu'il sera facile aux officiers de prendre sur le terrain même, contre toute attaque des troupes que les vaisseaux ennemis pourraient mettre à terre.

Dans la défense des côtes, le premier point est de repousser les attaques des grands vaisseaux; le second est de protéger les batteries de côte contre les troupes de débarquement. N'oublions pas toutefois que certains points sont assez importants pour être attaqués par une armée de terre. Ces points seront défendus, soit par une autre armée occupant une position favorable, et avec des dispositions comme celles dont nous avons parlé plus haut, soit par des ouvrages en terre réguliers et complets, élevés au moment du danger, qui permettraient à une garnison encore plus faible de résister à tout ce qui ne serait pas un siége régulier.

Il y a cependant sur les côtes peu de positions assez importantes pour mériter d'être attaquées par une armée entière; et, règle générale, ces positions sont maintenant couvertes

par des ouvrages réguliers de premier ordre. Au contraire, il y a bien des positions exposées à une attaque par mer, comme, par exemple, nos grands ports marchands et autres. Presque toujours ces points sont de grands centres de population, auxquels il ne faut que de bons retranchements et de bons fusils, surtout depuis la puissance qu'ont acquise ces armes, pour repousser les attaques les plus résolues de n'importe quelles troupes de débarquement. Je crois qu'un grand nombre des fortifications existant actuellement sur nos côtes ne pourraient résister qu'à un coup de main.

Partout où l'on emploiera mon système pour armer les ouvrages de défense, une ou deux précautions ajouteront à l'efficacité de la résistance : 1° Les grosses pièces, destinées à combattre les vaisseaux, avec traverses et *pare-à-dos* pour chacune, devront être aussi éloignées les unes des autres que l'espace le permettra. 2° Un abri vaste et à l'épreuve de la bombe devra être préparé pour toute la garnison, au milieu des ouvrages. Il y aura des dispositions pour la défense intérieure, non des casernes, mais des refuges tout à fait à l'abri du tir vertical de l'ennemi. De bonnes casernes saines pour les hommes, devront être placées dans une situation indépendante des retranchements, et plutôt à quelque distance. 3° Des obusiers et de l'artillerie légère devront être tenus en réserve, dans des abris à l'épreuve de la bombe construits tout exprès, et, ce qui est facile dans le nouveau système, avec la facilité de les tourner vers la face qu'il sera nécessaire de défendre.

Des batteries défensives comme celles que je viens de décrire ne seraient pas complètes sans de bonnes dispositions pour les communications intérieures par routes et par télégraphe. Il faut aussi adopter pour ce service une méthode simple, afin qu'il n'y ait ni dérangements des appareils, ni malentendus, même en admettant que les opérateurs ne soient pas des plus habiles.

De telles dispositions augmenteront les moyens de défense, et seraient encore nécessaires avec le système des fortifications détachées. J'y ai donc apporté une certaine attention. J'ai dressé, pour le tracé des lignes et les opérations télégraphiques, un plan général permettant de transmettre des instructions simultanées partout où cela serait nécessaire.

Ce système, soumis au directeur général de l'artillerie, peut s'appliquer à toutes les positions; mais le mode d'application devrait varier selon les cas. Il est d'une simplicité extrême, et dépend en partie d'appareils électriques que j'ai inventés tout exprès, et qui, sans calculs et sans expériences préalables, donnent à chaque canon d'une batterie la distance et la position de tout navire signalé. Un autre appareil permet à l'officier qui dirige la défense de faire partir en un instant, et par un simple mouvement du doigt, les décharges convergentes de toutes les pièces garnissant un bord du chenal, ou même les deux, sur tout navire ennemi qui tente le passage.

Une expérience faite par moi à Shoeburyness avec un canon de sept tonnes (7000 kilogr.), a démontré qu'un officier qui n'est même pas dans la batterie, peut ainsi tirer juste sur un objet en mouvement, sans viser; j'espère que j'aurai quelque jour une occasion de montrer à quelle perfection ce système peut être porté.

On a déjà mis en pratique, soit en Angleterre, soit sur le continent, plusieurs méthodes pour déterminer la distance des vaisseaux aux batteries. La mienne est plus rapide, plus simple, et par conséquent plus efficace. Elle s'applique parfaitement aux appareils pour l'explosion des mines sous-marines. La partie qui transmet les indications pour le pointage des pièces est tellement simple, qu'il est impossible à l'artilleur le plus ignorant de se tromper dans la pratique.

Je me contenterai de citer une méthode pour monter les pièces sur les vaisseaux et les batteries flottantes, les affûts Moncrieff pour les grosses pièces de position, leurs modifications pour les pièces mobiles et pour la défense des côtes, les affûts de siége, etc. Faisons remarquer en passant que quelques-unes de ces applications sont considérées par des officiers éminents comme tout aussi importantes que le genre d'affût Moncrieff le plus connu.

Voici un passage d'une lettre qui m'a été adressée, au mois de novembre dernier, par le colonel Brialmont, le grand ingénieur belge, si connu par ses écrits sur l'art militaire.

Je m'occupe en ce moment, m'écrit-il, de la publication d'un grand ouvrage sur les fortifications. J'y parlerai naturellement de votre invention, et, si cela vous est agréable, je signalerai également votre proposition concernant l'emploi de la barbette dans les places ou dans des batteries d'attaque. Au point de vue pratique, je crois cette idée appelée à un très-bel avenir. Cette dernière invention vous procurera peut-être moins d'honneur que celle que vous avez expérimentée à Shoeburyness, mais elle est d'une application plus générale et plus facile.

Le temps n'est plus où les principes généraux d'une science quelconque étaient considérés comme un mystère. Aujourd'hui, tout homme intelligent, sans savoir tous les détails qui sont du domaine des officiers chargés de les appliquer, peut néanmoins se former un jugement qui n'est pas à dédaigner sur les principes généraux de la défense des côtes.

La sécurité d'un pays comme l'Angleterre dépend moins de ses forteresses que des efforts que peut faire un peuple satisfait, brave et patriotique. Cependant, si ceux qui voudraient nous envahir savent que nous n'avons pas seulement des cœurs vaillants, des mains habiles et une artillerie puissante, mais un système pour l'application de ces ressources, qui peut rendre tous les points de la côte formidables aux vaisseaux de guerre, cette connaissance ne restera pas sans effets.

En temps de guerre, un bon général dispose ses forces de la manière la plus embarrassante pour l'ennemi. En temps de paix, nous pourrions arranger et préparer de même la défense de nos côtes. L'artillerie perfectionnée, employée dans des ouvrages en terre rendus complétement efficaces par le nouveau système, jointe aux facilités que peut donner, avec une légère extension, le réseau actuel de nos chemins de fer, doit jusqu'à un certain point contrebalancer les avantages analogues que la puissance d'attaque doit à la vapeur et aux vaisseaux cuirassés.

Si mes travaux peuvent contribuer à détourner les ressources de ce pays d'un système de défense plus coûteux vers un autre plus économique et plus efficace, également applicable à nos colonies et à la métropole, si la sécurité du pays en est accrue, la conscience de n'y avoir pas été inutile sera à elle seule pour moi un dédommagement des délais, des inquiétudes et des peines qu'il m'a fallu essuyer pour remplir ce devoir.

A. MONCRIEFF.

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE | NUMÉRO 51 | 20 NOVEMBRE 1869

Paris, 19 novembre 1869.

L'Amérique vient de perdre l'homme qui a le plus donné en sa vie, M. Peabody. On n'évalue pas à moins de 30 millions ses libéralités pour la science et l'instruction populaire. Il avait commencé par être garçon épicier.

On sait, du reste, que les fondations scientifiques dues à l'initiative privée sont très-fréquentes en Angleterre et en Amérique; sans monter aussi haut que celles de M. Peabody, elles atteignent souvent des chiffres qui nous paraissent encore fabuleux. Il y a en France peu de patrimoines capables de fournir à une générosité qu'on ne peut pas appeler royale, car elle dépasse certainement de beaucoup celle des rois ou des empereurs. Mais, même dans les limites de nos fortunes plus modestes, les libéralités scientifiques sont fort rares chez nous, surtout parmi les industriels, qui pourtant doivent bien souvent leurs richesses à la science. On les rencontre plus souvent dans le monde médical et scientifique. Le testament du docteur Lacaze vient d'en donner un nouvel exemple.

Ce testament institue quatre prix bi-annuels, de 10 000 fr. chacun. Le premier sera décerné par la Faculté de médecine de Paris, alternativement, c'est-à-dire tous les quatre ans, au meilleur travail sur la fièvre typhoïde et au meilleur travail sur la phthisie. C'est la première fois que la Faculté de médecine de Paris reçoit la disposition d'un prix de quelque importance, les prix médicaux appartenant en général à l'Académie de médecine. Les trois autres prix bi-annuels, l'un pour la physique, l'autre pour la chimie, et le troisième pour la physiologie, sont confiés à l'Académie des sciences. Ces prix seront les plus importants de tous ceux dont elle dispose, excepté le prix de 100 000 fr. destiné à l'inventeur du remède qui guérira le choléra, et celui de 20 000 fr. pour la marine à vapeur. Le prix de 10 000 consacré à la physiologie présente une importance toute particulière, car cette science s'était trouvée jusqu'ici beaucoup moins bien pourvue que les autres.

— La Faculté des sciences de Rennes a perdu récemment son doyen M. Anasthase Dupré, qui faisait partie de l'Université depuis 1829 et de l'enseignement supérieur depuis 1846; il avait été nommé à cette époque professeur de mathématiques pures et appliquées à la Faculté de Rennes dont il était devenu le doyen il y a trois ans. Depuis 1859 il avait consacré toute son activité scientifique à la *théorie mécanique de la chaleur*, et il venait de publier sous ce titre, chez Gauthier-Villars, un volume qui présente l'ensemble de la théorie mécanique de la chaleur et résume les divers mémoires qu'il avait publiés sur cette branche si importante de la physique.

SOCIÉTÉ ROYALE D'ÉDIMBOURG

DISCOURS DE M. CHRISTISON

Histoire des travaux de la Société royale d'Édimbourg de 1783 à 1811

Messieurs,

Près de quarante-cinq ans déjà se sont écoulés depuis le jour où j'ai parlé pour la première fois devant cette Société; jeune et peut-être trop audacieux, je venais instruire des hommes pratiques et des savants, aussi bien que le public en général, sur une question alors à l'ordre du jour: il s'agissait de rechercher les principes d'après lesquels on doit construire les becs destinés à la combustion des gaz d'éclairage, et de déterminer la valeur relative, au point de vue de la lumière produite du gaz que donne l'huile, et de celui que l'on extrait du charbon, afin de choisir celui des deux qui devait désormais éclairer le monde. A cette époque, j'étais assurément bien loin de rêver qu'un jour viendrait où les voix de mes collègues m'appelleraient au poste le plus élevé de l'érudition ou de la science que l'Écosse puisse offrir à notre ambition, — poste que vient d'occuper sir David Brewster, et qu'avaient rempli avant lui le duc d'Argyll, sir Thomas Brisbane, sir Walter Scott et sir James Hall.

Tous ces hommes éminents ont été présidents de la Société royale d'Édimbourg quand déjà j'en faisais partie, excepté le dernier, que j'avais cependant rencontré souvent dans les cercles littéraires et scientifiques auxquels appartenait mon père. Lorsque je me rappelle les services remarquables rendus par ces cinq hommes à l'érudition et à la science, la part active qu'ils ont prise aux discussions de cette Société et aux travaux qu'elle a publiés, leur conduite avec leurs collègues, et l'hommage que nous leur avons tous rendu comme à nos chefs officiels, je me demande à quel titre j'occupe une place qu'ont honorée de tels hommes. A cette question je ne trouve qu'une réponse, qui vous paraîtra peut-être insuffisante : je n'ai point cherché cette place; je n'avais le droit ni de l'espérer, ni même d'y songer. Mais quand le Conseil vint, de son propre mouvement, présenter à la Société ma candidature à la présidence, je sentis que je ne pouvais que m'incliner devant sa décision, puisqu'il était mieux placé que personne pour juger de ce qui est plus utile à la Société, et qu'il devait nécessairement avoir des raisons suffisantes à ses yeux, d'avoir en moi, comme président, une confiance que je suis, il faut le dire, bien loin de partager. Et néanmoins, puisque j'ai accepté ces nouveaux devoirs, puisque je sais ce qu'ils m'imposent, j'espère m'en acquitter à votre satisfaction, avec

l'aide d'un esprit désireux de bien faire, d'un cœur reconnaissant, et surtout de votre indulgence.

Tout occupé de ces pensées, j'ai voulu chercher quelles traces chacun de mes prédécesseurs avait laissées dans les travaux de notre Société. Et, je vous l'avouerai, je me suis senti un peu rassuré en voyant qu'à toutes les époques les résultats obtenus par la Société avaient dépendu plutôt des vice-présidents, des secrétaires et des autres membres du conseil, enfin de tous nos collègues en général, que du président en fonctions. Il sentait peut-être qu'après avoir presque toujours travaillé avec succès dans un rang moins élevé, il pouvait se permettre de se reposer un peu sur sa dignité, et laisser une grande partie du labeur ardu des recherches scientifiques et littéraires à ceux qui jouissaient des avantages inappréciables d'une force plus grande et d'un enthousiasme plus jeune.

Dans le cours de ces recherches, j'ai dû remonter au delà de mes souvenirs personnels, jusqu'à la présidence de Henri, duc de Buccleuch, ce qui m'a ramené imperceptiblement aux premiers travaux de la Société, en 1783, époque où elle commença à exister sous le nom de Société royale d'Édimbourg, sous la direction éclairée de ce duc. L'étude des travaux de la Société sous sa présidence, dont la durée fut de vingt-huit ans, jusqu'à sa mort, arrivée en 1811, a eu pour moi un attrait que l'on ne peut bien comprendre qu'en suivant mon exemple. Mais il m'a semblé que je pourrais vous faire partager, dans une certaine mesure, le plaisir de cet examen rétrospectif, en résumant les matériaux intéressants et divers que j'ai rencontrés, en en choisissant la fleur, pour vous offrir dans ce discours d'inauguration l'histoire au moins d'une partie de la *Vie de la Société royale d'Édimbourg*.

L'histoire de notre Société n'a pas encore été écrite. Mais c'est pour nous un devoir envers nos prédécesseurs, qui ont fondé sa réputation d'une manière durable, de ne pas tarder plus longtemps à écrire cette histoire. Cependant, c'est là une tâche qui exigera le travail de plusieurs mains, à cause de la diversité des matériaux qu'il s'agit de mettre en œuvre. Pour ma part, avec mes faibles talents et le peu de temps dont je dispose, je ne puis guère qu'effleurer le sujet en passant, et vous offrir le peu que j'ai pu essayer ici et que vous pouvez vous-mêmes écouter. Mais j'ai l'espoir d'en dire assez néanmoins pour engager mes savants collègues, qui chaque année prennent tour à tour la parole dans cette enceinte, à étudier aussi de leur côté les matériaux que j'ai parcourus : chacun d'eux, choisissant dans notre histoire la partie qui est le plus en rapport avec ses travaux et ses goûts, pourrait nous montrer les différents points d'érudition et de science sur lesquels notre Société a porté la lumière dans les quatre-vingt-cinq ans qui viennent de s'écouler, et qui constituent peut-être la période la mieux remplie de l'histoire littéraire et scientifique de notre pays.

Il est à peine nécessaire de vous rappeler que la Société royale d'Édimbourg, créée surtout par l'influence de Robertson, n'était que la continuation d'une association des plus illustres Écossais de cette époque, appelée Société Philosophique. Celle-ci avait été formée par Colin Maclaurin, d'une réunion d'érudits et de savants qui publièrent, de 1731 à 1739, les mémoires intitulés *Recherches et observations médicales*.

Dès sa naissance, la Société royale réunit les principaux hommes de génie et de talent du pays. De 1783 à 1805, nous y trouvons, pour la *littérature*, et presque tous comme membres actifs de la Société, Robertson, Hugh Blair, Carlyle et Henry ; les professeurs Hill, Dalzel, Ferguson et Fraser-Tytler d'Édimbourg, Beatty d'Aberdeen, Hunter de Saint-Andrews, et Young de Glasgow ; puis le docteur Doig de Stirling, Henry Mackenzie et William Smellie. La *philosophie* nous présente Adam Smith, Thomas Reid, Dugald Stewart et John Bruce. Les *mathématiques* et la *physique* nous offrent les professeurs Matthew Stewart, John Robison, Robert Blair, John Playfair, John Leslie et William Wallace d'Édimbourg ; John Anderson de Glasgow, et James Ivory. Parmi les *chimistes*, nous distinguons Black, Rutherford, Hope, Roebuck et lord Dundonald. Pour les *sciences naturelles*, il faut citer les professeurs Walker et John Hope, Hutton, Playfair, et le colonel Imray. Enfin, pour la *médecine*, on remarque Cullen, le second Monro, James Gregory, Francis Home, Andrew Duncan, sir Gilbert Blane, et Benjamin Bell. Ajoutons à ces noms ceux d'une multitude de légistes et de gentilshommes du temps, tous plus ou moins occupés de littérature ou de sciences, parmi lesquels nous distinguons le lord-président Dundas, le lord-greffier Miller, les lords Meadowbank et Glenlee, les barons Montgomery, Norton et Hume, sir Henry Campbell, sir James Hall de Dunglass, sir George Clerk Maxwell de Penicuick, sir Alexander Dick de Prestonfield, sir George Mackenzie de Coull, sir James Hunter Blair de Dunskey, sir William Forbes de Pitsligo, et John Clerk de Eldin.

On avouera qu'il est difficile de trouver, dans le même pays et à la même époque, réunis dans la même association, soixante noms qui soient plus remarquables que ceux-ci pour l'influence qu'ils ont eue sur la partie pacifique de l'histoire d'un peuple.

L'élément médical de la Société était, à cette époque, très-riche en grands noms. C'était, en réalité, l'élément qui avait donné naissance à la Société. Nous pouvions naturellement nous attendre à voir fleurir la médecine dans une Société issue des principaux écrivains médicaux du milieu du siècle dernier. Mais la médecine ne fait que de rares et presque toujours insignifiantes apparitions dans les travaux de la Société royale. Il n'est pas, cependant, sans intérêt de voir comment, dès 1792, quoique presque étouffée par la littérature et la science pure, la médecine se montre quelquefois dans sa simplicité primitive. Dans un des premiers mémoires lus à la Société, le docteur Hope nous donne la description peu agréable d'un cas mortel d'obstruction des conduits biliaires par un calcul ; le docteur Butter (de Londres) vante la ciguë comme remède souverain de la danse de Saint-Gui ; le docteur Duncan annonce qu'il a guéri un cas de hoquet invétéré avec une seule dose d'acide sulfurique étendu ; plus tard, M. James Russell, un de nos collègues bien connu, lit une communication sur un cas singulier de hernie, et le docteur Francis Home, un mémoire sur l'amaurose. Si c'est là tout ce que pouvait faire la médecine à ses plus beaux jours, pour soutenir son rang dans la Société royale, j'avoue qu'il n'est pas à regretter que, par un accord graduel et tacite, les mémoires de pratique médicale pure aient disparu de notre catalogue. Il n'y a assurément rien d'assez remarquable ou d'assez instructif dans un cas d'obstruction biliaire suivi de mort, ou dans une forme de hernie quelconque, pour qu'on les conserve dans les archives d'une Société royale ; et je ne conseillerais ni à un malade, ni à un médecin, d'avoir grande confiance dans le remède du docteur Butter pour la danse de Saint Gui, ni dans celui du docteur Duncan pour le hoquet

invétéré. Cependant le premier volume de nos *Transactions* contient un bon mémoire sur un sujet de médecine pure ; c'est un traité, d'un médecin anglais éminent du siècle dernier, le docteur Hamilton de Lynn-Régis, sur la maladie appelée *oreillons*, ou *cynanché parotidienne*, affection jusqu'alors peu étudiée en Angleterre. Mais ce traité fut d'abord lu à la Société Philosophique en 1773, et la Société royale, le trouvant digne d'être publié, le fit imprimer dans ses *Transactions*.

Dans le domaine de l'anatomie et de la physiologie, bases de la science médicale, et bien mieux en rapport avec l'esprit de la Société, nous trouvons tout d'abord des travaux plus intéressants. M. Blizard (de Londres) cite un fœtus extra-utérin ; le docteur Monro décrit un monstre remarquable du sexe mâle ; il fait l'anatomie de l'hydrocéphale ; il examine les communications qui existent entre les ventricules cérébraux, champ de recherches où il s'était déjà illustré par de nombreuses découvertes ; il explique l'action des muscles qui se composent de fibres obliques ; il expose les résultats de quelques-unes des premières expériences qui aient été faites en Écosse, dès 1792, pour confirmer l'immortelle découverte de Galvani, — je veux parler de ce que l'on appelait alors l'électricité animale. Les recherches du docteur Francis Home sur la force relative des toxiques, et ses expériences médicales sur la digitale, lues devant la Société, mais publiées dans un traité séparé, montrent qu'une autre branche fondamentale de la médecine proprement dite, la thérapeutique, peut être cultivée, comme science, à l'aide d'expériences physiologiques, tout aussi bien que par la simple observation de faits empiriques. Tant que la généralité des médecins n'aura pas adopté cette manière de voir sur la véritable méthode à suivre pour étudier l'action des remèdes, la médecine ne fera que peu de progrès dans cette branche, la plus importante de toutes.

Les travaux et les transactions publiés à l'origine de la Société, contiennent encore d'autres recherches médicales intéressantes ; par exemple, un mémoire du docteur Wilson sur l'action de l'opium sur les animaux, et celui du docteur James Johnston sur les fonctions et les maladies des glandes lymphatiques. Mais je laisse là ces recherches, et d'autres encore, dont les détails ne déplairaient sans doute pas à un auditoire médical, pour arriver à d'autres sujets d'un intérêt plus général.

Avant de le faire, cependant, je vais me hasarder à dire quelques mots sur un sujet assez délicat, sur la part que, dans ses premières années, la Société prit à certaines discussions théologiques. J'y suis amené par un incident qui se produisit alors, et qui aurait pu servir de précédent au Conseil et à la Société dans une question du même ordre soulevée récemment. En 1791 et 92, le révérend docteur Ogilvy de Midmar ne lut pas moins de trois mémoires de suite sur la *Théologie de Platon* ; et, à ce propos, nous trouvons la minute suivante : « La Société a vu avec regret que la discussion religieuse contenue dans cette savante communication la fit sortir du cadre qu'elle s'est imposé, et ne permit pas de l'admettre dans ses mémoires ; il n'y a donc pas lieu de la renvoyer au comité de publication. » S'il était nécessaire, en 1790, d'écarter de telles discussions, cette nécessité n'a pas disparu à notre époque, où les divergences religieuses sont aussi générales, aussi variées et aussi vives. Appelé, dans une occasion récente, à formuler la règle ou l'usage de la Société à cet égard, le Conseil n'a éprouvé qu'une difficulté, celle de définir ce qui constituait une communication théologique. Il serait, par exemple, évidemment absurde de dire que, dès qu'une observation ou une recherche scientifique jette du jour sur un passage de l'Écriture, ou sur un fait de l'histoire sacrée, l'auteur doive s'interdire d'appeler, en passant, l'attention sur cette application pratique de ses recherches. D'un autre côté, aucun membre de la Société ne songerait probablement jamais à lui présenter une dissertation expresse sur un sujet purement théologique. Entre ces deux extrêmes il y a une limite qu'il ne faut pas dépasser, et c'est, avant tout, au tact de chacun qu'il faut laisser le soin de la poser ; puis, si cette limite est franchie, c'est toujours, selon moi, le devoir de la Société, ou celui du Conseil agissant en son nom, de veiller à ce que la communication que nous ne pouvons admettre ne soit pas « renvoyée au comité de publication ».

Les vingt premières années de l'existence de notre Société sont riches en recherches littéraires. J'ose espérer qu'à une époque peu éloignée un de nos vice-présidents littéraires se chargera de nous parler de ces communications, et à cause de l'instruction qu'elles renferment, et aussi à cause du jour qu'elles jettent sur la haute érudition de leurs auteurs, tous cités parmi les Écossais les plus savants de leur temps. Il n'y eut pas moins de trente-huit mémoires littéraires lus aux réunions de la Société, mémoires qui se trouvent résumés ou publiés *in extenso* dans les six premiers volumes des *Transactions*. Dans le nombre, je remarque dix mémoires sur la grammaire, dus principalement à Dalzel, Hill, Hunter, Young et Gregory ; un sur l'étymologie, par le docteur Jamieson ; trois essais de critique : l'un sur l'*Enéide*, par Beatty ; le second, sur le caractère d'Hamlet, par le docteur T. Robertson ; le troisième, sur le théâtre allemand, par Henri Mackenzie ; trois sur l'histoire, par Hill et Fraser-Tytler ; trois dissertations générales ayant trait à la poésie, par Dalzel et Hill ; un mémoire de Dalzel sur le modèle du goût ; un autre sur les règles de la traduction, par Fraser-Tytler ; un sur l'expédition des Argonautes, par le révérend Marshall de Cockpen ; un sur l'origine des Hellènes et de leur nom, par le docteur Doig (de Stirling), qui fait remonter les Grecs aux peuples de la Chaldée ; un autre sur l'écriture considérée comme signe de la parole, par le docteur Hutton. Ensuite viennent quatre mémoires d'ethnologie : le premier par le docteur Gregory, sur un fait lacustre dans le Loch Urv, comté de Kircudbright ; le second par le colonel Montgomery, sur une pierre sculptée ancienne, trouvée à Coilsfield ; le troisième par Fraser-Tytler, sur les forts vitrifiés dans les *Highlands* ; le quatrième par le docteur Anderson, sur les anciennes constructions circulaires de l'Écosse. Je citerai, pour terminer, un travail des plus remarquables, les recherches approfondies de Chevalier sur la plaine de Troie, mémoire lu par l'auteur lui-même devant la Société, en 1791, et publié *in extenso* en français, dans le troisième volume des *Transactions* de la Société. Je laisse à nos membres littéraires à décider si ces divers écrits contiennent, ou non, des matériaux précieux pour un sommaire historique des premiers travaux de notre Société, tel que je l'ai indiqué. Pour le moment, je ne puis me permettre que quelques observations sur les recherches si remarquables de Chevalier.

Des doutes ont souvent été exprimés, de vives discussions se sont élevées entre les savants, sur la réalité de l'existence d'Homère dans la poésie, d'une Troie ancienne dans la géographie, et d'une guerre de Troie dans l'histoire. Par l'explo-

plusieurs de ses directeurs, à qui j'ai communiqué ce passage de la biographie de sir George Clerk Maxwell, ont éprouvé une surprise égale à la mienne. Qu'est donc devenue l'école de l'Université ? Quand et comment a-t-elle disparu ? Et, question intéressante, qu'est devenue sa dotation ? Tout ce que je puis dire sur ce dernier point, c'est que, très-positivement, la dotation n'a pas été engloutie par le sénat académique depuis l'an 1821, époque à laquelle je suis devenu membre du Conseil (1).

La philosophie s'est rarement hasardée à paraître devant la Société royale. En 1784, Dugald Steward y lut un essai sur la cause et l'effet ; la même année, le docteur Gregory lut aussi un mémoire sur la cause et l'effet en physique. Mais le journal de la Société n'en a pas même conservé un résumé.

Nous trouvons seize mémoires sur la chimie, présentés à la Société dans les vingt premières années de son existence ; c'est là moins que nous n'aurions pu attendre, si nous considérons que la grande découverte de Black sur la composition des carbonates et la nature de l'acide carbonique, était encore assez récente. Mais quelques-uns de ces mémoires présentent de l'intérêt et une certaine valeur même encore de nos jours. Citons les plus importants.

Je trouve d'abord, en 1784, des recherches caractéristiques sur la purification du sel marin, par lord Dundonald, homme d'un talent remarquable, et père du marin distingué que nous venons de perdre. Il avait découvert qu'une solution concentrée de sel marin ordinaire a la propriété de dissoudre une grande quantité des sels de magnésie qui se trouvent toujours mélangés en faible proportion au sel marin. Ces sels de magnésie ont l'inconvénient de rendre le sel marin déliquescent, et moins propre à la conservation de la viande. Dundonald mettait dans un filtre le sel qu'il voulait purifier, et y versait, à deux ou trois reprises, une dissolution concentrée chaude du même sel impur, qui entraînait avec elle presque tous les sels de magnésie. Ce procédé pouvait évidemment s'appliquer dans les arts sur une grande échelle ; il suffisait à l'inventeur, s'il voulait un produit absolument pur, d'imiter ce qui se fait lorsqu'on se sert de sirop pur dans le raffinage du sucre, et de chasser, à l'aide d'une solution de chlorure de sodium pur, les traces de liqueur saline qui pouvaient rester dans les interstices du sel.

Deux industriels entreprenants, nommés Hunter et Thornby, ayant proposé un procédé nouveau pour fabriquer de l'alcool avec des carottes, les docteurs Black et Hutton furent adjoints à M. Russel pour examiner le procédé et en rendre compte. Leur rapport constate que vingt tonnes de carottes donnent deux cents gallons d'un alcool qui ne le cède en rien pour la qualité et le bon marché au meilleur esprit de grain. En faisant agir de l'alcool rectifié sur l'extrait du jus de carottes, il est facile d'en séparer de beaux cristaux de sucre, ce qui explique les résultats cités plus haut. Mais le journal de la Société n'indique nulle part le succès que les inventeurs obtinrent par leur nouveau procédé.

Le docteur Kennedy, fort connu à l'époque pour son habileté en analyse chimique, nous donne l'analyse faite avec le plus grand soin d'un nouveau zéolite trouvé dans le diorite des hauteurs de Salisbury ; il montre que cette pierre se compose presque entièrement de silice, de chaux, et de 8,5 pour 100 de soude. En 1798, nous avons de lui une communication plus intéressante encore sur la composition du basalte, du diorite et de la lave. Dans ce dernier travail, il conclut que les basaltes et les diorites des environs d'Édimbourg, et les laves de l'Etna sont semblables quant à la nature et aux proportions de leurs éléments fondamentaux, qui sont la silice, l'alumine et l'oxyde de fer, avec environ 4 pour 100 de soude. Il suffit de citer ces faits pour en faire sentir l'importance au point de vue des idées géologiques qui avaient cours à cette époque.

En 1791, le docteur Black présente à la Société royale sa dernière communication, sa célèbre analyse des sources chaudes jaillissantes du Geyser et de Rykum, en Islande.

Dans les *Transactions*, ce mémoire important est accompagné d'un travail de M. Stanley d'Alderly, membre du Parlement, de qui Black tenait les eaux qu'il avait analysées, et qui les avait recueillies lui-même pendant une excursion faite en Islande en 1789. La description que nous fait M. Stanley n'a jamais encore été surpassée ; et même, à certains égards, elle est supérieure aux récits plus modernes comme description complète et graphique. Je ne sache pas en vérité qu'aucun des explorateurs qui l'ont suivi eût beaucoup ajouté à nos connaissances, jusqu'à ce que notre collègue regretté, M. Alexandre Bryson, communiquât à cette Société ses excellentes observations thermométriques sur la température élevée des eaux, au fond de l'entonnoir d'où elles sont projetées. Du temps de Black, les géologues et les chimistes avaient peine à s'expliquer que l'eau pût dissoudre l'énorme quantité de silice nécessaire pour produire les grands dépôts de substance siliceuse durcie que l'on trouve autour de ces fontaines. L'analyse de Black a tout expliqué. L'eau de Rykum contient $\frac{8}{10000}$, et celle du Geyser $\frac{10}{10000}$ de matière solide ; Black a fait voir que la moitié environ de cette quantité n'est que de la silice dissoute par la soude ; que la première eau contient $\frac{1}{20000}$ de soude, et la seconde $\frac{1}{10000}$; que cette soude dissout plus de six fois son poids de silice ; enfin, il supposa que ce grand pouvoir dissolvant devait être dû, en partie, à la température très-élevée à laquelle s'opère la dissolution.

En 1793, à la fin du compte rendu annuel des travaux de la Société, le docteur Hope nous expose sa découverte bien connue de la strontianite, l'analyse qu'il en a faite, sa découverte d'une nouvelle terre qu'il appelle strontiane, et l'examen des propriétés de cette terre même et de ses composés. Ce mémoire, qui le mit immédiatement au rang des chimistes célèbres, fut publié quand il était encore jeune ; nous y voyons la preuve que le docteur Hope possédait, à un degré éminent, toutes les qualités de l'analyste profond, et celles qui mènent aux grandes découvertes, la patience, l'invention, l'exactitude et le discernement. Ce qui nous étonne, — et cet étonnement a été partagé par tous ses amis, sans qu'aucun ait pu en trouver une explication satisfaisante, — c'est que cette découverte si remarquable, faite à son début dans la vie scientifique, ait été à la fois le commencement et la fin de la carrière du docteur Hope comme analyste. De nouvelles terres, de nouveaux alcalis, de nouveaux acides, de nouveaux métaux étaient découverts de toutes parts par ceux qui creusaient le champ que lui-même avait une fois fouillé avec

(1) J'ai trouvé depuis, dans l'histoire d'Édimbourg de Hugo Arnot (1789, p. 323) quelques lignes qui expliquent peut-être l'affirmation de M. Clerk. Arnot nous dit qu'en 1772 le conseil d'encouragement des manufactures nomma un artiste pour enseigner le dessin à vingt garçons ou jeunes filles, et obtint que le conseil de ville mît à sa disposition deux des salles de l'Université.

succès : mais le docteur Hope n'essaya jamais une seconde analyse chimique.

En 1788, sir James Hall lut un exposé de la nouvelle théorie chimique de Lavoisier ; c'était probablement la première fois que les grandes découvertes de ce physicien pénétraient en Écosse. Bientôt après, Hutton répondit à Lavoisier et à sir James Hall, dans son essai sur le *phlogistique*. Ces deux mémoires sont perdus pour nous ; car, à cette époque, les auteurs ne désiraient pas faire imprimer, ni la Société publier dans son journal ou dans ses *Transactions*, les mémoires scientifiques purement critiques. Il nous est cependant facile de comprendre avec quelle vivacité Hutton dut alors défendre l'existence du phlogistique, quoique ce dernier dût succomber brusquement sous les coups qu'on lui portait en France.

En 1796, dans un mémoire intitulé « Phénomène nouveau observé dans la combinaison des métaux avec le soufre », Hutton montre que, quand le soufre et le fer sont chauffés ensemble, et se combinent pour donner du sulfure de fer, il n'y a pas là de phénomène d'inflammation, comme un examen trop rapide pourrait le faire croire, mais bien un phénomène d'incandescence, qui ne dure que le peu de temps qu'il faut à la combinaison pour s'opérer, et cela, sans présenter aucun des caractères essentiels de la combustion. Il termine en faisant entre la chaleur et la lumière des rapprochements auxquels j'aurai sans doute à revenir plus loin, et qui semblent avoir en quelque sorte devancé une grande doctrine moderne. Cette expérience, qui est frappante, est bien connue depuis longtemps, car le docteur Hope, qui avait aidé Hutton dans ces recherches, en faisait toujours le sujet d'une démonstration brillante dans ses leçons, qu'un grand nombre d'entre nous n'ont pas dû oublier.

En 1800, sir George Mackenzie présenta à la Société un travail très-concluant sur la combustion du diamant.

Plusieurs chimistes éminents l'avaient brûlé, et avaient conclu sa nature d'après les produits obtenus par plusieurs méthodes assez compliquées. Mais sir George eut le mérite d'indiquer un moyen de le consumer dans un moufle ordinaire, et seulement à l'aide d'une température de 15° du pyromètre de Wedgewood : il prouva que le fer, chauffé au contact de la poudre de diamant, se transforme en acier ; et qu'enfin, si l'on chauffe convenablement un mélange de fer en poudre avec le quart de son poids de poussière de diamant, on obtient une masse métallique qui présente tous les caractères de la fonte.

Citons, pour terminer, ce qui regarde la chimie, un second travail original des plus intéressants, du docteur Hope.

On sait depuis longtemps que, si l'on prend de l'eau à la température ordinaire, et qu'on la refroidisse, elle se contracte, et que, par conséquent, son niveau baisse dans le tube qui la contient jusqu'à ce que le thermomètre indique environ 39°,5 Fahr. (4 degrés centigr.). On sait encore qu'au-dessous de cette température, la loi générale du refroidissement des liquides se trouve renversée pour l'eau ; que ce liquide se dilate, à 4 degrés centigr., et que, par conséquent, son niveau remonte à partir de cette température ; et cette dilatation continue jusqu'à ce que, à zéro centigrade, elle augmente brusquement, au moment où l'eau se change en glace. Il va sans dire que, si l'on prend de l'eau à zéro, et qu'on la chauffe, c'est le contraire qui a lieu : l'eau se contracte jusqu'à ce que la température s'élève à 4 degrés ; puis, à partir de ce moment, elle se dilate suivant la loi générale. Mais ce fait, que la densité de l'eau ne suit pas la loi générale de l'action de la chaleur sur les liquides, ce fait, dis-je, avait souvent été mis en question par quelques physiciens dont l'autorité faisait loi ; et, parmi ceux qui reconnaissaient l'existence de cette anomalie, le désaccord était complet quant à la température à laquelle elle commence à se produire. En 1804, Hope décida la question par une série d'expériences fort ingénieuses, dans lesquelles il constatait la température d'une longue colonne d'eau, en des points différents, au bas, au milieu, et près de la surface, après avoir échauffé ou refroidi ces différents points, de manière à produire les mouvements intérieurs qu'il voulait étudier. Tout son travail sur ce sujet est un modèle admirable de logique expérimentale ; il établit d'une manière définitive une loi naturelle d'une immense importance pratique dans l'économie terrestre, pour la congélation de l'eau et son retour à l'état liquide, et pour l'influence que ces changements d'état exercent sur l'air, la terre, et les êtres animés. Ce fut là la seconde et la dernière des recherches originales de Hope ; et, ici encore, il faut s'étonner qu'il ne soit pas allé plus loin.

Dans les branches les plus élevées des mathématiques et de la physique, le journal de notre Société a toujours été rempli d'importants travaux. On devait certes s'y attendre, quand des hommes tels que Robison, Playfair, Leslie, Ivory et Wallace, prenaient une large part aux travaux de la Société. Mais c'est là une partie de mon sujet à laquelle je ne puis moi-même rendre une justice entière ; et le temps m'a manqué pour compléter ce que j'avais entrepris en ayant recours à des collègues plus compétents, qui tous, j'en suis sûr, m'auraient donné l'aide la plus bienveillante. Les mémoires dont je parle, sont surtout des recherches tout à fait abstraites sur la géométrie et l'algèbre. Mais il y en a deux qui ne présentent pas le même caractère, sur des sujets qui touchent à la fois à la chimie et à la physique, et dont nous pouvons dire ici quelques mots : les travaux de leurs auteurs vont d'ailleurs bientôt attirer une plus large part de notre attention.

En 1794, le docteur Hutton lut à la Société une dissertation sur la *théorie de la lumière, de la chaleur et du feu*. Dans ce mémoire, il nie le rayonnement de la chaleur obscure, fait dont la découverte venait d'être annoncée par de Saussure et Pictet. Hutton soutient qu'il y a là, en réalité, un rayonnement de « lumière invisible », lumière si faible qu'elle échappe à nos sens. Dans le cours de son argumentation, il avance que la lumière est « la cause immédiate de la combustion », et que la lumière que l'on voit dans la combustion est « le dégagement du phlogistique, de la lumière devenue fixe, ou d'une certaine modification de la substance solaire, qui existe dans les corps inflammables, unie chimiquement à leurs éléments ». Enfin, il termine en disant que « la lumière, la chaleur, le phlogistique et l'électricité ne sont qu'autant de modifications différentes de la substance solaire ». Changeons ces « substances » en qualités de la matière, et effaçons ce vieux reste de phlogistique, et nous avons la théorie moderne, que la chaleur, la lumière et l'électricité sont simplement des variétés de la même qualité de la matière, dont la source première est le soleil.

L'autre mémoire chimico-physique est « sur la force que l'eau exerce en se congelant » ; il décrit surtout des expériences faites en 1786 au Canada, par le major Williams, du corps royal d'artillerie. Cet officier exposa à un froid intense une

bombe de treize pouces, remplie d'eau, et fermée avec une cheville de fer. L'épaisseur du métal autour de l'ouverture destinée à la mèche, était d'environ un pouce et demi (37 millim.); elle était de deux pouces et quart (46 millim.) à l'extrémité opposée ; la cheville, du poids de deux livres et demie (1,133 kilogr.), avait été enfoncée avec une force extrême. Lorsque la congélation s'opérait, cette cheville était chassée avec tant de violence qu'elle allait tomber à 325, à 387 et même à 415 pieds (99, 117 et 126 mètres) de distance ; et, au même moment, sortait par l'ouverture laissée libre, une colonne de glace de quatre, six, et même huit pouces et demi de long. D'un autre côté, si la cheville se trouvait fixée, comme on le fait pour les clous à enclouer les canons, la bombe se fendait, et la glace se répandait au dehors sous forme de nappe.

Depuis sa fondation, la Société royale d'Édimbourg a largement contribué à enrichir le domaine des sciences naturelles. Pendant ses vingt premières années, on y lut au moins quarante mémoires, publiés pour la plupart dans les *Transactions*, sur la zoologie, la botanique, la topographie, la météorologie, la minéralogie et la géologie.

Cependant, la zoologie se trouvait alors très-pauvrement représentée dans la Société. En 1790, M. Kerr signale un *animal ignotum* dans le musée de l'Université ; et c'est tout ce que nous apprenons de cet animal. Cet être terrible, le grand serpent de mer, fait une apparition devant nous, sous le patronage de M. John R. l'Amy, juge de paix du Forfarshire, qui le représente comme un Kraken, de trois milles (près de 5 kilom.) de long, aperçu, dit-il, à environ un mille de distance, par un capitaine de navire marchand et son second, tous deux fort dignes de foi, sur la côte orientale d'Écosse, le 5 août 1786. Jusqu'en 1803 c'est à cela que se bornent les travaux zoologiques de la Société.

Sur la botanique, nous n'avons que six mémoires, dont cinq ont un certain intérêt. Le docteur James Anderson, de Madras, décrit, en 1791, l'*Oldenlandia umbellata*, dont les racines fournissent aux Indous une teinture rouge fort estimée. Les *Transactions* de 1785-90 contiennent un excellent mémoire avec figures explicatives, du docteur Wright, médecin en chef de l'armée à la Jamaïque, sur le *Quassia Simaruba* de cette île. Il recommandait beaucoup la racine de cette plante, maintenant connue sous le nom de *Simaruba officinalis*, comme remède de la dyssenterie chronique; et beaucoup de médecins l'emploient encore dans le traitement de cette maladie. Le docteur Wright est le premier qui ait reconnu et décrit exactement la plante elle-même ; son mémoire, lu en 1778 devant la Société philosophique, fut publié pour la première fois dans le second volume des *Transactions* de la Société royale.

En 1791, M. John Lindsay, chirurgien à la Jamaïque, lit une communication qui se rattache à la précédente sur le *Quassia polygama* de la Jamaïque, qu'il décrit comme un bel arbre de 100 pieds (30 mètres) de haut, et de six pieds de circonférence, qui a toutes les vertus du bois de quassia provenant du *Quassia amara* de Surinam. Il ajoute qu'il sait de bonne source qu'à Londres, on vend le premier sous le nom de *Quassia amara*. C'est là un fait curieux, qui fixe l'époque à laquelle le véritable *Quassia amara* des botanistes fut supplanté sur les marchés de l'Europe par le bois de l'arbre de Lindsay, le *Picræna excelsa* moderne, sans que les droguistes ou les médecins s'aperçussent de quelque différence dans leurs vertus, sans qu'ils eussent remarqué, presque jusqu'à ces dernières années, que le bois d'un grand arbre avait été substitué à celui d'un arbuste qui n'a guère que douze pieds de haut. Tout le monde n'appréciera pas de même cet aveuglement apparent des médecins. Pour ma part, j'y vois surtout une preuve intéressante de la similitude d'action sur l'économie, que possèdent différentes plantes appartenant à la même famille. En effet, le grand arbre de la Jamaïque, comme le petit arbuste de Surinam, est un stomachique assez puissant, et un tonique ; tous deux, je le crois, peuvent être employés indifféremment en médecine. M. Lindsay est moins heureux lorsqu'il décrit, dans le même mémoire, le *Cinchona brachycarpa*, qu'il donne comme un nouvel arbre à quinquina; et un spécifique contre la fièvre intermittente. On sait maintenant que cette plante n'est pas de la famille des Cinchonas ; et, comme fébrifuge, elle est bien inférieure aux Cinchonas véritables. On l'appelle de nos jours l'*Exostemma brachycarpa* ; et son écorce, comme celle de toutes les espèces d'*Exostemma*, est bien plutôt un émétique qu'autre chose ; propriété, il faut le dire, que M. Lindsay lui-même avait reconnue.

En 1778, le docteur Hutton décrit et s'efforce d'expliquer un phénomène de végétation observé sur la colline connue sous le nom d'*Arthur's seat*, phénomène qui mérite encore d'être étudié. Ceux qui fréquentent les parties supérieures de cette colline, savent tous qu'en différents endroits de la pente, vers l'est, on voit généralement sur l'herbe des bandes grises en zigzag, très-visibles si l'herbe est fraîche aux environs ; ces bandes, d'un à deux pieds de large, vont presque toujours de haut en bas, sont continues en certains endroits, mais interrompues dans d'autres, et ont une longueur qui peut quelquefois aller à plus de trois cents pieds. L'examen de ces bandes fait reconnaître que l'herbe en est complétement flétrie, jusqu'aux racines; ces dernières sont détruites, et il faut plusieurs années pour que la végétation reprenne au même endroit. Les plus nombreuses et les mieux marquées se trouvent dans le creux qui est au sud du sommet basaltique, en descendant vers le lac Dunsappie, mais un peu à droite, du côté de Duddingston, et aussi sur la large colline voisine, au nord-est du sommet. Le docteur Hutton a plusieurs théories pour expliquer ces « sentiers de fées »; mais il n'est satisfait d'aucune. Une des causes qu'il rejette après examen est la foudre ; et néanmoins je soupçonne que c'est là le seul agent naturel auquel on puisse attribuer le phénomène. Il y a bien des années, parcourant en été le sommet de la colline, j'ai remarqué que ces traces étaient plus rares et moins marquées qu'à l'ordinaire. Un orage qui arrivait du sud-ouest me força à battre en retraite, et éclata sur la colline, la ville et toute la campagne des environs. Quelques jours après, je pus remarquer sur le versant oriental de la colline un grand nombre de ces traces, qui semblaient toutes récentes.

Le dernier travail sur la botanique dont il me reste à vous parler, est bien connu des naturalistes; il offre un intérêt plus général que le précédent. Les savants avaient longtemps eu des doutes sur la nature du mouvement de la sève dans les arbres. Le docteur Walker, professeur d'histoire naturelle à l'Université d'Édimbourg, entreprit une série d'expériences ingénieuses et précises pour déterminer la manière dont s'effectue le mouvement de la sève au printemps; avec la prudence d'un véritable savant, il les répéta plusieurs années de suite, et, les résultats obtenus ayant toujours été les mêmes, il les communiqua à la Société royale en 1783 et 1785. Son travail fait encore loi à notre époque : il prouve que le mou-

vement de la séve dans les arbres, lorsque la température s'adoucit au printemps, n'est pas un mouvement de circulation, par lequel la séve monte et redescend, comme on l'avait souvent soutenu auparavant, mais toujours un simple mouvement ascendant ; que la séve ne monte ni dans la moelle, comme quelques-uns le prétendaient, ni dans l'écorce, comme le disaient quelques autres, mais dans le bois, et entre le bois et l'écorce ; que l'époque à laquelle commence ce mouvement et sa vitesse dépendent du degré de précocité et de douceur de la saison ; que la vitesse avec laquelle la séve monte, varie de six à neuf pouces (de 15 à 22 centim.) par jour, suivant la température de l'air ambiant ; enfin que les bourgeons qui s'ouvrent les premiers sont ceux auxquels la séve arrive d'abord, en sorte que son arrivée est la cause essentielle de leur développement. Cependant l'auteur fait remarquer que ses expériences n'établissent que le genre de mouvement de la séve au printemps, quand la plante n'a pas de feuilles ; il ne prétend pas dire ce que peut être le mouvement, une fois que les feuilles sont développées. Il est disposé à croire que ce mouvement peut être bien différent alors ; et, en effet, des recherches postérieures ont montré que, quand l'arbre est en feuilles, la séve descend aussi bien qu'elle monte, ce qui constitue une circulation véritable.

En météorologie, quiconque sait regarder peut un jour devenir observateur original. C'est donc une étude favorite pour ceux qui aiment les sciences naturelles. Aussi trouvons-nous, parmi les premiers travaux de la Société, plus de vingt communications sur la météorologie, dont quelques-unes sont fort remarquables.

En 1784, Playfair recherche avec soin les causes qui nuisent à l'exactitude des observations barométriques. En 1790, Rutherford décrit un thermomètre à maxima et à minima qui sert encore à constater la température maxima et minima de chaque jour. En 1795, un de nos bienfaiteurs, M. Alexander Keith, qui devient plus tard sir Alexander Keith de Ravelstone, décrit un thermomètre et un baromètre, qui, à l'aide d'un mécanisme ingénieux et d'un mouvement d'horlogerie, marquent à chaque instant l'état de ces instruments. De 1770 à 1776, M. Macgowan tient un registre d'observations météorologiques faites à Hawkhill, près de Lochend; le duc de Buccleuch, président de la Société, envoie une série d'observations faites à sa résidence de Branxholme, dans le comté de Roxburgh, qui embrassent un espace de dix ans et se terminent en 1783. Citons aussi le résumé des observations de Playfair, faites à Édimbourg pendant six ans, jusqu'en 1798. En 1796, le docteur Balfour, médecin à l'armée du Bengale, reproduit des recherches déjà anciennes, qui lui avaient permis, grâce à des observations régulières, faites toutes les demi-heures, de constater le premier qu'à Calcutta, près de l'équateur, le baromètre subit une double variation diurne d'environ un dixième ou un vingtième de pouce, la hauteur maxima se produisant à dix heures du matin et à dix heures du soir, et la hauteur minima à six heures du matin et à six heures du soir. En 1779, Playfair constate que Lémanon, naturaliste attaché à la malheureuse expédition de la Peyrouse, était arrivé au même résultat par des observations qu'il avait faites de son côté près de l'équateur.

M. Hall de Whitehall décrit un halo lunaire remarquable, composé d'un petit anneau d'environ dix degrés de diamètre, entourant la lune, et d'un grand anneau, d'un diamètre sept ou huit fois plus considérable, placé transversalement et coupant le premier. Playfair cite un arc-en-ciel remarquable qu'il a vu au-dessus de la mer, étant lui-même à Dunglass : il y avait d'abord un grand arc parfaitement dessiné, formant presque une demi-circonférence complète, puis un second moins important qui partait de l'extrémité sud de l'autre, et décrivait une courbe vers le sud. Le docteur Graham d'Aberfoyle décrit une aurore boréale qu'il y a observée en plein jour, le 10 février 1799, à trois heures et demie. Il croit savoir que c'est la seconde observation de ce genre qui ait été conservée ; mais il suppose qu'elles pourraient devenir très-nombreuses si on les cherchait souvent « quand le ciel, presque sans nuage, est couvert de légères vapeurs formant surtout des bandes longitudinales ».

Qu'il me soit permis de faire ici une courte digression. Le phénomène de l'aurore boréale a souvent été décrit en Écosse d'après des cas d'une beauté extraordinaire. Mais personne n'a, que je sache, étudié soigneusement les indications qu'elle peut donner. Cependant, si on les recherche bien, elles peuvent avoir une certaine importance pratique, comme on le verra par l'exemple suivant.

Tout le monde sait que quand l'aurore boréale se montre en automne, on la regarde comme un pronostic de mauvais temps. Mais, à cette époque de l'année, elle nous fournit un pronostic bien plus exact et plus important. J'ai observé invariablement, comme je l'ai souvent dit à mes amis, que la première grande aurore boréale, vers le milieu de l'automne, et après une longue série de beau temps, indique une pluie et un vent violents pour la matinée du second jour qui suit. J'ai dû remarquer ce fait de très-bonne heure, car je m'en suis servi lors de la première réunion de l'Association britannique à Édimbourg, le 8 septembre 1834. Nous avions eu plus de quinze jours de très-beau temps, lorsque, le samedi 6 du mois, se montra l'aurore boréale la plus large et la plus brillante que j'aie jamais vue. Le lendemain, le temps étant encore fort beau, le professeur Sedgewick, déjeunant chez le docteur Alison, parla fort vivement de ce spectacle magnifique que les savants d'Édimbourg avaient préparé pour recevoir leurs hôtes du sud. Je me hasardai alors à lui montrer le revers de la médaille, en lui disant que le congrès de l'Association s'ouvrirait par une tempête. Il en fut surpris, et m'allégua la sérénité du ciel, alors sans nuage ; mais je lui exposai mes raisons, ajoutant que la tempête ne commencerait pas avant le milieu du jour suivant. Le lendemain matin, le temps était toujours magnifique. Mais, bientôt après onze heures, le ciel se couvrit du côté de l'est ; un nuage noir, bas et menaçant, venu du nord-est, s'éleva peu à peu ; à midi, comme l'Association se réunissait, la pluie commença, et, presque aussitôt, se mit à tomber avec une violence telle que j'en ai rarement vu de pareille. La tempête dura jusqu'au mercredi 10 septembre à une heure ; alors le beau temps revint.

Souvent depuis, il m'est arrivé de faire la même prédiction, sans qu'elle ait jamais manqué de se vérifier ; et plusieurs de mes amis, à qui j'en ai fait part, ont toujours observé comme moi que la première grande auréole boréale qui se montre en automne, après une longue série de beaux jours, indique une tempête qui doit commencer deux jours plus tard, entre midi et deux heures. C'est à ces deux conditions que je borne le pronostic. On voit tout de suite quels services il peut souvent rendre aux agriculteurs. Cependant je n'ai jamais rencontré un fermier ou un valet de ferme qui connût ce fait. Il m'a servi une fois à sauver la récolte de blé d'un de mes amis,

le comté de Dumfries. Le lendemain d'une aurore bo-
fort belle, son fermier, trompé par le beau temps, allait
er son blé à moitié ramassé, et mettre ses ouvriers à d'au-
travaux qui ne pressaient nullement. Sur mes assurances
lives, son maître lui ordonna de se hâter de ramasser le
et de couvrir les meules, et le fermier fut bien étonné,
ue, le lendemain vers midi, commença une tempête fu-
se qui dura trois jours.

r l'étude des vents, la Société possède trois mémoires fort
ressants, qui datent de la fin du siècle dernier.

avocat, M. George Wallace, lut en 1787 « une dissertation
es causes qui rendent le vent d'est froid et désagréable » ;
, comme la mention faite dans le journal de la Société
e seulement que « l'auteur n'a pas désiré que l'on fît un
mé de sa dissertation », et que je ne la trouve publiée
e part, nous restons dans l'ignorance la plus complète sur
découvertes ou les opinions de M. Wallace à propos de
question épineuse, à laquelle nous devons tous prendre
intérêt personnel fort vif. Peut-être ce *gentleman* a-t-il
é au monde une des découvertes pratiques les plus pré-
ses qui restent à faire en météorologie. Il se peut cepen-
qu'il ait été moins disposé à attirer l'attention sur ses
res idées, en entendant parler de celles de Hutton sur le
e sujet ; ce dernier les communiqua à la Société dans un
oire « sur les moussons de printemps et d'automme en
sse », au mois de février 1791.

ns ce mémoire, il fait remarquer que les vents sont des
vements de l'air dus aux changements de température ;
ces changements proviennent de l'alternative des jours
es nuits, de la position du soleil tantôt au nord et tantôt
sud de l'équateur, du degré d'échauffement différent
a mer et de la terre par l'action des rayons solaires, de
tacle que les nuages opposent à la chaleur du soleil, et de
luence que la pluie a sur l'air en le refroidissant par l'éva-
tion des gouttes qui tombent vers la terre ; et il affirme
nous pourrions expliquer tous les phénomènes des vents,
ous pouvions bien apprécier, dans chaque cas particulier,
art d'action et l'effet relatif de toutes les forces perturba-
s. Il fait alors l'application de ces principes aux vents qui
viennent de l'est au printemps, et de l'ouest en été et
utomne.

orsons-nous, pour abréger, au premier cas, que Hutton
ute avec la force et la simplicité qui le caractérisent. Au
temps, dit-il, les vents d'est règnent sur nos côtes, parce
l'air glacé des régions polaires est attiré vers le sud par
régions plus chaudes de l'Europe, et de là vers l'ouest par la
du Nord plus chaude aussi. Ce vent commence à souffler
mars et en avril, et, pendant quelque temps, il nous cause
sensation de froid désagréable, parce qu'il est réellement
d, et, de plus, d'une sécheresse anormale. On ne saurait
qu'il ne soit plus froid que le vent d'ouest qui vient de
ps en temps l'interrompre dans cette saison ; Hutton a sou-
constaté une différence de 10 degrés Fahr. (5,5 degrés
tigrades) à l'avantage de ce dernier. La sensation de froid est
lue plus vive, dit-il, par la chaleur du soleil dans les en-
ts abrités ; mais elle est surtout augmentée par la sécheresse
ême du vent, car c'est une grande erreur que de s'ima-
er, comme on le fait communément, qu'un vent d'est soit
nide. Pendant une grande partie du printemps, c'est un
t sec, et, par conséquent, également désagréable aux
mes et nuisible à la végétation. Il nous dit plaisamment
« qu'il n'a jamais possédé d'hygromètre », mais il en a impro-
visé un qui n'est autre qu'un thermomètre à boule humide un
peu grossier, tel qu'on l'emploie constamment de nos jours
sous une forme plus parfaite ; et il nous dit que, par les vents
d'est du commencement du printemps, il a quelquefois trouvé
une différence de 10 degrés Fahr. entre la boule sèche et la
boule humectée, tandis qu'il n'avait jamais observé une diffé-
rence de plus de 4 degrés Fahr. (2,2 deg. centigr.), dans les
jours les plus secs de l'été. Au mois de mai, cependant, le vent
d'est change de caractère. Il règne toujours, mais rencontre en
traversant la mer du Nord un soleil de plus en plus ardent, qui
élève la température de l'air aux approches de l'Écosse ; de
plus, la mer, échauffée par le soleil, produit des vapeurs qui
fournissent de l'humidité à la couche d'air inférieure. Aussi, en
mai, le vent d'est nous arrive-t-il à la fois plus chaud et moins
sec. Il produit alors en général un effet bien moins désagréable
qu'en mars et en avril. Cependant, vers le soir, à mesure que
les rayons du soleil perdent de leur force, l'air qui se refroi-
dit se sépare de son humidité : il se forme un brouillard qui
remonte le Firth, se répand sur les terres voisines, et dure
toute la nuit et une partie de la matinée, jusqu'à ce qu'il se
fonde de nouveau dans l'air échauffé par les rayons du soleil.
Pendant la durée du brouillard, le malaise de notre corps se
reproduit quoique l'air ne soit plus sec, en partie à cause de
l'abaissement de la température, et en partie parce que le
brouillard, qui n'est qu'une forme particulière de l'eau à l'état
liquide, conduit mieux la chaleur des corps que cette même
eau à l'état gazeux mêlée à l'air. Aussi, une fois le brouillard
dissipé, la sensation désagréable disparaît-elle, parce que l'air
est plus chaud, et ne contient plus que de l'humidité sous
forme de gaz, parfaitement mêlée à l'air. Chose remarquable,
l'influence désagréable de ces vents d'est sur l'homme ne se
trouve plus en rapport avec celle qu'ils ont sur la végétation.
En mars et avril, les vents d'est froids et secs flétrissent et dé-
truisent les feuilles qui se sont ouvertes trop tôt. Plus tard,
un vent d'est, également froid, mais chargé d'humidité, ne
leur fait aucun mal, parce qu'il n'a plus cette propriété des-
séchante. Tout observateur attentif a dû remarquer cette dif-
férence importante. Mais, chez les animaux, le froid d'un
brouillard de l'est suffit seul pour causer un malaise et nuire
à la santé. Ainsi, selon Hutton, le malaise et le dommage oc-
casionnés par nos vents d'est au printemps et au commence-
ment de l'été, s'expliquent parfaitement par leur température
et leur sécheresse, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des
actions d'une nature mystérieuse. J'ai un peu insisté sur ces
idées de Hutton, simples mais profondes, parce que ces idées,
comme d'autres travaux, sont trop négligées de nos jours et
qu'elles peuvent éclairer et satisfaire bien des esprits qui ne
trouvaient jusqu'ici qu'obscurité dans le sujet dont je viens
de m'occuper.

Hutton semble n'avoir jamais eu l'occasion d'étudier les ou-
ragans. S'il avait pu le faire, je ne crains pas de dire que son
esprit pénétrant n'aurait pas manqué de découvrir les lois qui
président à ces mouvements si violents de l'atmosphère. Il
n'est pas probable, par exemple, qu'il eût laissé à l'état de
stérile exposé des faits, la description lumineuse faite par sir
Gilbert Blane du terrible ouragan qui eut lieu aux Barbades
en 1780, description lue à la Société en 1785. Les incidents
qui y sont rapportés ne peuvent s'expliquer que par la théo-
rie moderne des cyclones ; et, sans doute, ils auraient pu dès
cette époque amener à la véritable solution un esprit aussi sa-

gace que l'était celui de Hutton. L'ouragan dura près de deux jours, et sévit avec une violence sans exemple pendant douze heures, détruisant le fort de Bridgeton, abattant un grand nombre de maisons, dévastant toutes les récoltes de l'île, et tuant au moins trois mille habitants. Et cependant, malgré sa rapidité extraordinaire, il y eut lieu de s'étonner de la lenteur relative avec laquelle il alla d'une île à l'autre. Il y a évidemment là confusion entre le mouvement violent du cyclone sur lui-même et sa marche plus lente d'un point à un autre. Sur mer, nous dit sir Gilbert, il sembla aux marins que le vent soufflait de tous les côtés à la fois, phénomène qui ne s'explique que par la théorie du cyclone. On cite particulièrement, sans pouvoir l'expliquer, ce qui arriva à un des navires surpris par l'ouragan : ayant perdu ses ancres dans la baie de Carlisle, et toutes ses boussoles, il fut forcé de fuir devant la tempête, parcourant en deux jours au moins cent lieues, à ce qu'il sembla à l'équipage ; mais à leur grand étonnement, ces marins se trouvèrent tout près de leur point de départ. Ces faits seuls auraient déjà pu suffire pour mettre un esprit exercé et pénétrant sur la voie de la véritable théorie des ouragans, tels que nos météorologistes l'admettent maintenant.

Pour la météorologie thermométrique, M. Hall de Whitehall cite un fait précis, à propos du grand froid de l'hiver de 1795 : le 22 janvier de cette année, il vit le thermomètre descendre à — 6 degrés Fahr. (environ — 21 degr. centigr.). Pour apprécier convenablement le froid extrême que cela représente pour l'Écosse, il faut savoir que le point où cette observation fut faite est situé à dix milles de la baie de Berwick, sur la rive nord du Whittadder, et n'est certainement pas à plus de 150 pieds au-dessus du niveau de la marée haute. Vers cette époque, les hivers étaient fort rudes en Écosse. En 1781, le professeur Wilson nota, dans le parc de l'Observatoire de Glasgow, un froid de — 4 degrés Fahr. (près de — 20 deg. centigr.), et, en 1780, un froid de — 14 degrés Fahr. (— 25 deg. centigr.).

Le docteur Guthrie, un des nombreux médecins écossais du temps qui allèrent s'établir en Russie, décrit, dans une dissertation présentée à la Société en 1789, un phénomène remarquable qu'il avait observé pendant la fonte de la glace épaisse. Quand la glace qui couvrait la Néva avait perdu par le dégel un tiers de son épaisseur, elle devenait si fragile qu'elle ne pouvait plus porter même le poids d'un chien, quoiqu'elle eût encore 18 pouces (45 centimètres) d'épaisseur. En en cherchant la cause, M. Guthrie reconnut que la glace est alors composée de cristaux solides, présentant l'apparence de tuyaux d'orgues, d'environ 18 pouces de long, qui n'ont presque plus de cohésion.

Ce fait rappelle, sur une plus grande échelle, la perte de cohésion des petites parcelles de glace, qui détermine le mouvement descendant des glaciers.

Le seul travail sur la météorologie thermométrique présenté à la Société royale d'Édimbourg dans ses premières années, a une importance qui n'est pas moindre pour la pratique que pour la théorie, à cause de son rapport avec les observations de thermométrie atmosphérique. Je veux parler d'une dissertation bien connue des météorologistes savants, mais que les autres ont peut-être trop perdue de vue ; elle est due à Patrick Wilson, professeur d'astronomie à Glasgow ; le sujet en est « le froid remarquable qui accompagne la production de la gelée blanche, par un temps clair ». Ce travail, lu en 1784, résume les recherches faites pendant plusieurs hivers de suite par le professeur Wilson ; il fait suite aux mémoires communiqués auparavant en 1780 et 1781 à la Société royale de Londres. Ses idées ont servi de germe à la théorie du docteur Wells sur la formation de la rosée et de la gelée blanche, théorie dont la vérité est maintenant reconnue, et dont Wilson arriva si près, qu'on regrette qu'étant entré dans la bonne voie, il n'ait pas eu le bonheur de la suivre jusqu'au bout. Wilson est le premier qui ait observé la différence qui existe par un temps de gelée, lorsque le ciel est clair, entre la température de la neige, celle de la gelée blanche, celle du sable, et de plusieurs autres corps sur la terre, et celle de l'atmosphère à quelques pieds au-dessus. Il constata souvent des différences de 4, 8, 12 et même, une fois, de 16 degrés Fahr. (2,2, 4,4, 6,6 et 8,8 degrés centigrades) entre la température de la surface de la neige et celle de l'air moins froid qui se trouvait à 4 ou même seulement 2 pieds et demi (1,21 ou 0,76 mètre) au-dessus. Il nota aussi que cette différence est toujours accompagnée d'une augmentation de poids qui vient du dépôt de gelée blanche ; que la différence est toujours plus sensible quand l'atmosphère est plus claire et plus calme ; que le vent, même par un temps clair, fait disparaître cette différence, et que le même effet résulte également d'un temps brumeux ou couvert. Wilson s'efforça d'expliquer tous ces phénomènes différents par l'hypothèse que le froid était dû au dépôt de gelée blanche. Mais il est facile de voir que, malgré quelques idées assez ingénieuses qu'il appuie sur cette hypothèse, il n'en est pas lui-même entièrement satisfait. S'il avait commencé par admettre, au contraire, que le dépôt de gelée blanche est dû au froid, il aurait probablement eu l'honneur d'une découverte qui n'a été faite que de nos jours, car il en a été fort près. En parlant de l'influence qu'a le passage d'un nuage pour arrêter la formation de la gelée blanche et l'abaissement du thermomètre, il dit : « Quand le ciel se couvre subitement, il est certain que ce changement doit être accompagné d'un dégagement considérable de chaleur sensible dans les régions élevées où les vapeurs s'agglomèrent. Une quantité de chaleur qui se produit ainsi doit bientôt se transmettre à la masse d'air située au-dessous. » Mais de quelle manière ? Voilà ce qu'il aurait pu se demander. Ce n'est certainement pas par voie de conductibilité, car l'air chaud monte, il ne descend pas. Si ce n'est pas par conductibilité, c'est par rayonnement ; le rayonnement, en effet, lançant instantanément la chaleur des nuages, compense la perte que la neige et les autres corps à la surface de la terre subissent par un temps clair, en laissant rayonner leur chaleur vers les espaces célestes. Mais, malheureusement, la théorie du rayonnement était trop peu avancée pour qu'il songeât à cette explication, devenue si facile après les découvertes de Pictet en 1790, et les admirables recherches de Leslie quatorze ans plus tard.

Il était impossible d'étudier la théorie des vents sans s'occuper aussi de celle de la pluie ; aussi Hutton fut-il le premier à étudier cette question avec succès. En 1784, il lut une première dissertation sur ce sujet, puis, trois ans plus tard, un second travail pour répondre aux objections du physicien de Luc. La propriété qu'a l'atmosphère de dissoudre l'eau, ou de la tenir en suspension sous forme de vapeur invisible, aussi transparente que l'air, augmente avec la température. La découverte de Hutton consista à prouver, par une démonstration mathématique, que la pluie ou le brouillard ne peut se produire lors du mélange de deux masses d'air à des tempéra-

s différentes, à moins que le pouvoir absorbant de l'air croisse plus vite que la température. L'expérience est de confirmer depuis les raisonnements mathématiques de ion. Comme le pouvoir absorbant de l'air atmosphérique t plus rapidement que la température, quand deux masses transparent, à des températures différentes, se mêlent, il ouve une quantité d'humidité plus grande que celle qui t pour saturer le mélange à la température moyenne qui blit; et il en résulte que l'excès d'humidité se dégage, soit forme de brouillard, s'il est peu considérable, soit sous ie de pluie, dans le cas contraire.

our la topographie naturelle, le Journal de la Société nous plusieurs mémoires qui durent sans doute paraître fort ressants à l'époque ; j'y remarque la description des caves d'Éléphanta par le docteur Buchanan ; celle de l'île rince de Galles, par M. Howison ; celle des lacs de pétrole la Trinité, par M. Lochead ; l'histoire naturelle de la ane et de Madère, du même. Mais ces écrits ont vieilli rès des descriptions plus complètes publiées depuis.

me reste encore, pour terminer les sciences naturelles, à les premiers travaux minéralogiques et géologiques de ociété royale. Sur ce terrain, et pendant les vingt preres années de son existence, la Société a jeté un éclat égal lui des autres Académies scientifiques de l'Europe ; car à cette époque que Hutton a publié sa *Théorie de la terre*, r James Hall ses célèbres expériences à l'appui.

trouve onze mémoires de la Société sur la minéralogie géologie, parmi lesquels il y en a trois dont notre Journe donne pas même un résumé.

ans une bonne description de la minéralogie de Gibraltar, olonel Imray rectifie quelques erreurs assez répandues au t de l'espèce, de la composition et de la position géologique ameux dépôt d'ossements des différentes parties du rocher; lui qui, le premier, je crois, a fait remarquer que le nontoire a dû être à une certaine époque, et pendant temps, recouvert par les eaux de la mer jusqu'à la haud'au moins 900 pieds (273 mètres), car il a trouvé, à cette teur, un grand nombre de creux formés par les galets sous ion des courants.

1803, le docteur Richardson décrit trois échantillons arquables de basalte qu'il a trouvés sur la côte d'An(1), non loin de Portrush : l'un, un basalte ocreux, pasant en voie de décomposition ; le second, basalte dou, avec coquillages fossiles ; le troisième, avec des cavités ies de liquide comprimé. « Ce dernier, dit Richardson, a creux dont plusieurs sont pleins d'eau douce, qui jaillit qu'on brise la pierre avec le marteau, comme si le liquide comprimé. » C'est là une des premières indications de résence de liquides à l'intérieur de masses minérales.

1791, le docteur Hutton explique la flexibilité de la *re du Brésil*, ou grès flexible. « Lorsqu'on nous dit qu'une re épaisse est flexible, nous sommes portés à croire que là un fait très-extraordinaire, et nous voulons savoir d'où t cette qualité qui ne semble nullement convenir à une re. » Hutton cherche donc, et après un embarras assez ongé, il admet que cette propriété est due à une structure iculière, que l'on ne peut reconnaître qu'à l'aide du micope, et qui consiste en ce que de petites particules de fort mince se trouvent disséminées en grande abondance dans toute la masse, toutes parallèles entre elles, ce qui donne à la pierre un certain caractère articulé.

(1) Comté d'Irlande, sur la côte orientale.

Le révérend Christophe Tait, ministre de Kincardine-sur-le-Forth, a décrit avec grand soin l'état où se trouvaient, en 1792, les grandes tourbières de Flanders et de Kincardine, dans le comté de Stirling, et sur les côtes orientales du Firth. S'étendant sur les deux bords du Firth, depuis la limite du Kincardine vers l'ouest, et remontant le Carse de Stirling jusqu'à Cardross, le désert de tourbes recouvrait, en 1770, un territoire de 22 milles (35 kilom.), de long sur une largeur qui paraît varier de trois quarts de mille (1k,206) à 7 milles (11 kilom.). Sa superficie était d'au moins 30 000 acres (12 150 hectares), en calculant d'après une largeur moyenne de deux milles, ce qui est probablement au-dessous de la réalité. Tait donne la composition de la tourbe, signale une ancienne route qui la traverse en partie, montre qu'à une certaine époque, il a dû y avoir là une forêt de grands arbres; il prouve qu'ils ont presque tous été coupés, probablement par les premiers envahisseurs romains, et pour détruire une retraite où se réunissaient leurs ennemis vaincus; enfin il donne une idée claire du fameux plan de lord Kames, alors appliqué avec succès depuis vingt-deux ans, pour enlever la tourbe, découvrir le sol qu'elle cachait, et changer la tourbière en champs fertiles. Je voudrais pouvoir opposer à cette description celle de l'état actuel de ce territoire, après soixante-seize ans de travail; mais le temps m'a manqué, et je le regrette, car le contraste doit être frappant.

J'ignore la date du premier récit que nous ayons des tremblements de terre de Comrie; mais j'en trouve un fort exact de M. Ralph Taylor dans les *Transactions* de la Société. Ce compte rendu est de 1790, avec des additions faites en 1793 ; il décrit plusieurs exemples de ce phénomène, mais surtout celui de 1789, le 10 novembre, jour de marché: les vases de terre s'entrechoquaient sur la place du marché, les chevaux étaient effrayés, et chacun croyait voir s'écrouler les montagnes voisines.

C'est en mars 1785 que le docteur Hutton commença la lecture de sa théorie de la terre, sous le titre de *Recherches des lois qui président à la composition, à la dissolution et à la recomposition de la terre sur le globe*. Je vais résumer ici cette théorie (1).

Afin de conserver et d'entretenir l'excellence de son ouvrage, la Providence a voulu que toute la création, autant que nous pouvons en juger, dépérît peu à peu pour renaître de cette mort même. Elle a préparé des matériaux convenables, et les forces nécessaires pour cela. La terre elle-même n'est pas exceptée de la loi générale. Il suffit d'en examiner la surface, pour voir qu'elle est dans sa période de déclin ; il est presque aussi évident, d'après l'examen de sa croûte, qu'elle a déjà passé par une période de renaissance; enfin, des recherches attentives montrent assez que cette renaissance avait été précédée d'un autre déclin.

La force des vagues, des courants, du flux et du reflux de la mer agissant sans cesse, les eaux empiètent peu à peu sur la terre, et ensevelissent dans leurs profondeurs les débris qu'elles ont détachés. D'autres agents de destruction plus puissants encore, la gelée et le dégel, les pluies et les vents, les rivières et les inondations, les tremblements de terre et toutes les autres

(1) Voyez, sur ce sujet, une lecture de sir W. Thomson dans notre numéro du 26 décembre dernier, page 50.

forces, opèrent, lentement il est vrai, mais d'une manière continue et générale, sûr la terre ferme; et ces autres débris, avec ceux des espèces végétales et animales, sont constamment emportés par les fleuves jusqu'à l'océan. Dans ses profondeurs, tous les débris se déposent; et nous sommes en droit d'admettre qu'ils y forment des couches dont la nature et l'espèce sont différentes à chaque époque et en chaque endroit, selon le sol, les roches et les restes végétaux et animaux qui ont fourni ces débris. Tout cela, nous le savons d'après ce qui se passe sous nos yeux.

Si nous admettons maintenant qu'à une époque antérieure, une action semblable se soit produite, et cela au point de rendre la terre de moins en moins propre à entretenir la vie végétale et la vie animale à sa surface, c'est qu'alors la Providence a pourvu à ce que cette surface fût ramenée à son premier état par l'action du feu souterrain. Cette puissance, dont l'existence et l'énergie terrible nous sont prouvées d'une manière sensible par ce qui se passe sur plusieurs points du globe, n'a qu'à arriver près des couches de débris placées au fond de l'océan, pour les faire entrer en fusion; puis, une petite accumulation de force suffit pour les faire surgir de l'océan et s'élever au-dessus de son niveau, pour s'y ouvrir un chemin, et amener au contact de la lumière et de l'air des masses énormes de matières fondues, qui étaient depuis longtemps en cet état dans l'intérieur de la terre.

D'après cette théorie, si nous examinons la terre ferme actuelle, la partie stratifiée de la croûte terrestre doit présenter dans ses couches inférieures une structure cristalline d'accord avec les lois qui régissent le passage de l'état liquide à l'état solide, lorsque le refroidissement est très-lent. A mesure que nous remontons de ces couches profondes vers la surface actuelle, nous devons trouver, dans les couches superposées, des roches qui présentent des traces de simple agglutination, comme le font des substances qui ont été plutôt ramollies que fondues. Près de la surface actuelle, nous ne devons guère trouver, entre les particules des couches rocheuses, que la cohésion imparfaite qui peut résulter de à la compression exercée par la masse énorme des eaux recouvrant autrefois ces couches. Nous devons aussi remarquer que c'est dans les couches supérieures des roches stratifiées que les restes animaux et végétaux sont le plus reconnaissables et le moins altérés par la chaleur intérieure; qu'à mesure que nous descendons, ils ont plus souffert, et qu'enfin ils sont méconnaissables dans les couches les plus profondes et qui ont subi la fusion la plus complète, non parce qu'il n'y a pas eu là de restes animaux et végétaux déposés avec les autres débris, mais simplement parce que leur force a été entièrement détruite par la fusion, et leur substance complétement incorporée à la matière environnante. Si, par une cause quelconque, il s'est formé des creux dans les couches de roches solidifiées, nous devons nous attendre à ce que, dans les couches profondes et bien fondues, mais non dans celles où les substances pierreuses sont agglutinées par simple ramollissement; nous devons, dis-je, nous attendre à ce que ces creux soient tapissés de cristaux d'une composition bien plus simple que celle de l'enveloppe, ou même de cristaux de corps simples, mais toujours provenant de l'enveloppe, car telle est la loi générale de la cristallisation des corps dissous ou fondus ensemble. Nous devons aussi nous attendre à voir que, là où la matière en fusion du feu souterrain s'est ouvert un passage à travers les roches stratifiées, elle a entraîné avec elle des masses détachées de ces roches, et, en se refroidissant, les conserve enfermées dans sa substance devenue solide. Nous devons voir le liquide extravasé se répandre dans toutes les directions et en forme de veines dans les fissures qu'il a produites, et même s'insinuer entre les couches, les séparer, et former quelquefois entre elles une couche nouvelle. Nous pouvons aussi nous attendre à trouver que les masses énormes de matières souterraines projetées à l'état de fusion, présentent, par suite de cette fusion complète et de leur refroidissement lent, la texture la plus cristalline que l'on rencontre dans les roches, se séparant même en cristaux d'une composition tout à fait différente, et contenant dans leurs cavités accidentelles des cristaux de la forme la plus parfaite et des corps les plus simples que puisse donner la roche mère.

Or, tous ces phénomènes décrits en quelque sorte par anticipation, l'examen attentif des couches et des masses rocheuses qui forment la croûte actuelle de la terre, nous le présente. Il n'est donc pas douteux que cette croûte n'ait été formée des débris d'une terre plus ancienne, déposés dans la mer, puis fondus et soulevés au-dessus des eaux par l'action du feu souterrain.

Tel est, en résumé, le sommaire des principaux points et des preuves de la théorie de Hutton, qu'il présente dans une dissertation aussi élégante que concise. J'aurais pu chercher ce sommaire dans le développement admirable que donne à cette théorie son élève et ami, le professeur Playfair, dans l'ouvrage classique intitulé : *Explication de la Théorie de la terre de Hutton*; mais j'ai mieux aimé me servir du travail de Hutton lui-même, parce que, quoiqu'on l'ait souvent accusé d'être obscur, je ne trouve nulle part chez lui d'obscurité, quand on le lit en s'éclairant des faits depuis acquis à la science, et qui ne lui étaient probablement pas tout à fait inconnus, quoiqu'il ait dû ne pas les citer afin d'abréger.

En revoyant ainsi, après de longues années, le traité de Hutton, deux réflexions se sont présentées à mon esprit. La première, c'est que, tout en explorant un terrain presque entièrement neuf, et en développant un nombre immense d'idées et de faits nouveaux, Hutton avance à peine, dans tout son travail, une seule proposition que ne pût accepter un géologue éclairé de nos jours. La seconde, c'est que, dans ce mémoire de quatre-vingt-seize pages in-4°, Hutton donne à ses successeurs dans toutes les branches de la science une leçon remarquable : il écrit l'exposé le plus lumineux du sujet le plus nouveau, sans fabriquer un seul mot, sans cesser de se servir de l'anglais le plus simple, si ce n'est quand il emploie, pour nommer certaines roches, quelques mots allemands déjà d'un usage général parmi les géologues. Si certaines sciences repoussent quelquefois les curieux de notre époque, n'est-ce pas parce qu'elles exigent la connaissance d'une nomenclature difficile et mystérieuse. Hutton a montré qu'il était possible, de son temps du moins, d'exposer d'une manière précise, sans ce secours, les recherches les plus nouvelles et les plus profondes.

La théorie de Hutton, quoique accueillie par un grand nombre de prosélytes habiles, rencontra aussi beaucoup d'adversaires non moins habiles. C'étaient surtout des disciples de Werner, des Neptuniens, qui ne voulaient reconnaître que l'action de l'eau dans toutes les révolutions que semble avoir subies la surface terrestre. La lutte se continua pendant plusieurs années dans les réunions de cette Société ; le chef des contradicteurs de Hutton était le professeur Jameson, disciple

favori de Werner lui-même, et le plus remarquable de ses adhérents. On peut donc dire avec vérité que le plus beau jour pour la doctrine de Hutton fut celui où, dans la salle même où nous sommes aujourd'hui réunis, Jameson, peu d'années avant sa mort, comme quelques-uns des membres présents doivent se le rappeler, renonça publiquement à la doctrine qu'il avait professée pendant un demi-siècle, et rendit hommage sans réserve à la vérité et à la profondeur de la *Théorie de la terre* de Hutton.

Dans la lutte que cette théorie avait eu à soutenir pendant les premières années, quelques objections assez embarrassantes avaient été mises en avant par des contradicteurs ingénieux. Nous en citerons deux, et deux seulement, parce que nous leur devons certaines recherches expérimentales remarquables de sir James Hall, qui fut notre second président, environ vingt ans plus tard, à la mort du duc Henri de Buccleuch, en 1811. On objectait à Hutton que plusieurs des roches dont il attribue la structure à la fusion, forment par voie de refroidissement, après la fusion, une masse vitreuse qui ne peut plus reprendre une texture cristalline. On disait encore que le carbonate de chaux, dont se compose une grande partie des couches stratifiées de la croûte terrestre, ne peut être fondu; car, bien avant que sa température devienne assez élevée, il perd son acide carbonique, et se transforme en chaux, corps réfractaire à la plus haute température artificielle à laquelle on puisse le soumettre. Hutton répondit que les opérations de la nature, dans ce cas, s'effectuent sur la plus grande échelle, avec une chaleur illimitée, et sous une pression énorme, trois conditions entièrement différentes de celles dans lesquelles se font toutes nos expériences. Hutton semble avoir prévu ces objections dans sa dissertation. Mais, quoiqu'il fût lui-même chimiste habile et ingénieux, il n'essaya pas d'y répondre par des expériences. Il découragea même ceux de ses disciples enthousiastes qui lui proposaient de traîner la nature de force jusque dans leurs laboratoires. « Comment! s'écrie-t-il dans un autre mémoire, on prétendrait juger les grandes opérations du règne minéral, parce qu'on a allumé du feu et regardé au fond d'un petit creuset! »

Cependant sir James Hall ne se laissa pas décourager. Telle était sa vénération pour son ami et son maître, qu'il nous dit qu'il ne voulut pas exécuter son projet du vivant de Hutton. Mais quand Hutton fut mort, Hall alluma son feu et regarda dans son petit creuset; et il vit la nature à l'œuvre, tout comme dans les entrailles de la terre.

Dans un mémoire sur le granit, lu à la Société en 1790, Hall fait remarquer que, quoique le quartz, le feldspath et le mica, dont se compose cette roche, soient vitrifiés par la chaleur artificielle, il n'y a pas de raison pour que, par un refroidissement lent, les cristaux de feldspath, de quartz et de mica, ne se séparent pas, de même que les parties cristallines du sel et de la glace se séparent dans la congélation de l'eau de mer, ou encore, de même que la cristallisation transforme le verre transparent en un corps opaque, semblable à une roche, lorsqu'après la fusion on le fait refroidir lentement.

Sir James nous a dit plus tard qu'au moment où il lisait ce mémoire, sans se laisser influencer par les railleries de son ami, il avait résolu de soumettre ces idées à l'épreuve de l'expérience. Nous devons à cette résolution le mémoire de 1798, intitulé *Expériences sur le trapp et la lave*. Par voie de fusion et de refroidissement rapide, le basalte, le diorite, le porphyre et la grauwacke lui donnèrent une masse vitreuse noire; puis une nouvelle fusion de ces corps vitreux, suivie de refroidissement très-lent, lui rendit des substances pierreuses, « entièrement cristallines, avec des facettes distinctes et très-semblables aux roches primitives. Avec du basalte provenant des environs du château d'Édimbourg, la couleur et la texture obtenues étaient tellement semblables, qu'il était difficile de les distinguer. » Étendant ces expériences à la lave, il nous dit d'abord que les voyageurs ont donné des idées inexactes sur les caractères de la lave, en ne rapportant que les scories de la surface, tandis que les couches profondes se rapprochent beaucoup de l'apparence et de la texture de notre trapp. En opérant sur des fragments de cette espèce, Hall obtint exactement les mêmes résultats qu'avec le diorite et le basalte, suivant que le refroidissement était rapide ou lent. La lave du mont Etna, près de Catane, nous dit-il, ressemble beaucoup au basalte du siége d'Arthur, et celle de Santa Venere à celui du Château: tous deux présentent les mêmes différences que ces roches, quand, après la fusion, on les laisse refroidir vite ou lentement.

Mais le véritable triomphe de sir James Hall est dans les recherches expérimentales qu'il présenta à la Société en 1805, un peu au delà, par conséquent, de la période que j'étudie en ce moment. Ce mémoire est intitulé *Effets de la compression sur l'action de la chaleur*. Par une série d'expériences difficiles, dangereuses, coûteuses, mais fort habiles, Hall constate que le carbonate de chaux est fusible, pourvu qu'en l'exposant à une chaleur intense, on le soumette aussi à une forte pression, de manière à empêcher le dégagement de l'acide carbonique qu'il contient. Il trouve aussi qu'en faisant varier le degré de chaleur, et par conséquent en approchant plus ou moins de la fusion complète, avec des pressions qui varient de 52 à 173 atmosphères, — cette dernière pression représentant celle d'un mille d'eau de mer en hauteur, — il reproduit tous les caractères essentiels différents que le carbonate de chaux présente dans la nature, depuis ceux de la craie, dont la cohésion est très-faible, jusqu'à la texture compacte du calcaire opaque des terrains secondaires, jusqu'à la structure cristalline du marbre translucide, et même jusqu'à la transparence et la forme rhomboïdale du spath calcaire. Sir James appréciait ces résultats frappants surtout à cause de leur importance au point de vue de la théorie de Hutton. Quoi qu'il en soit, ils ont de plus un mérite intrinsèque fort grand; et il y a lieu de s'étonner que cette méthode de recherche n'ait pas été étendue à d'autres corps.

Hutton avait fait une collection minéralogique pour expliquer sa théorie de la terre. Cette collection fut donnée au docteur Black par la sœur et l'héritière de Hutton; Black l'a transmise à la Société royale, et comme celle-ci a résolu de ne pas avoir de musée, la collection de Hutton a été transférée au musée de l'université. C'est un sujet de regret pour les amis de la géologie, et pour tout homme pénétré du respect que nous devons aux grands hommes qui nous ont précédés, de voir qu'il est à craindre que cette collection n'ait été perdue de vue, et qu'il ne soit impossible de la reconnaître. Elle devait être considérable, car je lis dans les vieux manuscrits de la Société, qu'un comité chargé de la transférer au musée de l'université ne mit pas moins d'un an à la classer. Le transfert n'est pas douteux. Mais jamais elle n'a été exposée au Musée de l'université, car le professeur Jameson se plaignait toujours de n'avoir de place pour aucune collection de roches au musée. M. Archer me dit que l'on n'a pas encore découvert cette collection, dans l'examen que l'on a fait des

spécimens géologiques qui se sont accumulés sous l'administration de Jameson, et qui sont maintenant au Musée national des sciences et des arts; il doute, d'après l'examen déjà fait, qu'il soit possible d'en reconnaître une partie quelconque. La Société compte sur son zèle à cet égard. N'est-ce pas le devoir de la Société de chercher ce qu'il y aurait à faire pour épargner à la géologie le déshonneur qui rejaillirait sur l'histoire scientifique d'Édimbourg, si nous avions perdu la collection de M. Hutton, formée tout exprès pour soutenir sa théorie?

Cet aperçu rapide des travaux de la Société royale d'Édimbourg pendant ses vingt premières années, ne comprend pas quelques mémoires qu'il est difficile de faire rentrer dans un des groupes que je viens de passer en revue. Quelques-uns cependant méritent d'être cités.

En 1783, le docteur Donald Monro décrit le procédé alors usité dans l'Inde pour préparer l'essence de roses, sans avoir recours à la distillation. Cette méthode consiste simplement à exposer, pendant six ou sept jours, au soleil des pétales de roses, recouverts d'une couche d'eau dans un vase de terre, et à enlever, avec un peu de coton au bout d'une baguette, l'huile volatile qui se forme peu à peu à la surface. — En 1798, Roebuck communique à la Société des expériences sur les effets de l'air comprimé, faites par lui dans le réservoir de la soufflerie de la fonderie de Devon. Il ne trouva qu'un homme qui voulût se risquer avec lui dans le réservoir, tandis que la machine marchait. Ce réservoir avait 72 pieds de long, 14 de large et 13 de haut; la force qui comprimait l'air était de 2,75 livres par pouce carré (environ 2 grammes par centimètre carré), ce qui peut soulever une colonne de mercure de cinq à six pouces, et augmente par conséquent la pression atmosphérique d'un cinquième environ. Il constata une sensation de pression sur les oreilles, et une forte augmentation du son; la chaleur ne semblait pas accrue, mais il éprouva une sensation d'humidité, qui passa cependant presque aussitôt. L'expérience dura une heure, sans qu'il en résultât d'inconvénient. — Dans une dissertation sur l'origine de l'architecture gothique, sir James Hall fait ingénieusement venir l'arche gothique de la forme que prennent deux arbres courbés au sommet, pour se rejoindre ou se croiser; il attribue les fleurs qui ornent l'arche à la rupture spontanée, et à l'écartement de l'écorce de l'arbre sur la courbe de l'arche, à mesure que cette écorce se dessèche. — Sir Gilbert Blane fait venir de l'Inde les chiffres arabes. — Lord Ancrum propose des perfectionnements pour les armes et l'équipement de la cavalerie, dans le but de diminuer le poids que porte le cheval, et de faciliter les mouvements du cavalier. — Clerk de Eldin montre son goût bien connu pour la marine, en proposant une méthode pour relever les navires coulés.

CHRISTISON.

— Traduit de l'anglais par BATTIER. —

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS

SESSION D'INNSBRUCK

M. KARL VOGT.

L'histoire primitive de l'homme

Au premier abord le titre de ce discours ne semble pas rentrer dans le domaine de nos études. Nous nous occupons ici de sciences naturelles et non d'histoire. Je me permettrai à ce propos de faire une courte remarque : si nous avons donné à une science nouvelle le nom d'histoire primitive ou d'archéologie préhistorique, cela tient à ce que nous cherchons à connaître par une méthode particulière les faits de l'histoire humaine qui échappent à la tradition ; or cette méthode ne peut être que celle que nous indique la science, la science exacte, la science de la nature. Si l'obscurité régnait naguère, si elle règne même encore en ce qui concerne la situation primitive de l'homme sur la terre, c'est qu'on n'avait pas appliqué la méthode des sciences naturelles à l'étude de cette situation ; c'est que, — pour parler franchement, — on avait abandonné la chose aux archéologues. Mais depuis que la géologie, la paléontologie, l'anatomie se sont occupées de la question, il s'est fait au moins quelque lumière sur certains points, et je suis heureux de pouvoir vous résumer brièvement ce qui a été dit sur cette matière au récent congrès international à Copenhague. Il va de soi que lorsque je parle de résultats, il ne faut pas oublier que l'absence de matériaux et le défaut de comparaison laissent encore planer beaucoup d'incertitude sur un grand nombre de points; mais on peut déduire, d'autre part, des recherches déjà faites, certains principes qui ont une valeur incontestée dans la science. Ce sont ces résultats que je vais essayer d'exposer à trois points de vue différents.

I. *L'antiquité de l'homme.* — Une question importante c'est d'abord celle qui a trait à l'âge de l'humanité.

Comme vous le savez, il y a sur ce point des idées toutes faites qui s'appuyent sur la tradition religieuse, et en partie aussi sur les légendes généalogiques de certaines tribus déclarant que l'âge de l'humanité sur cette terre est fort restreint. Nous avons, pour ainsi dire, grandi dans ces idées; mais aujourd'hui on peut démontrer, avec la même certitude que la rotation de la terre autour du soleil, que l'ancienneté de l'homme, non-seulement sur toute la terre, mais spécialement sur la face de l'Europe, — une des régions peuplées le plus tard, — est immense, et dépasse de beaucoup toutes les idées que l'on s'en est faites jusqu'ici. On a été amené à ce résultat par la géologie et la paléontologie, par l'étude de la situation des couches dans les dernières formations de l'écorce terrestre, par les recherches sur les restes d'animaux ensevelis au milieu de restes humains. Nous pouvons maintenant, avec une pleine conviction, déclarer que l'homme existait à une époque où l'éléphant, le mammouth, le rhinocéros, l'hippopotame, etc., vivaient en Europe.

Ceci a été démontré par la découverte des restes humains, non-seulement d'ossements, mais d'instruments travaillés, mêlés aux débris de ces animaux dans les mêmes couches. Ceci a été constaté aussi bien dans le *diluvium* de diverses régions que dans les cavernes. Je pourrais nommer un grand nombre d'endroits : j'y renonce. On a été si loin, — et ici je dois nommer en particulier Steenstrup, comme le plus habile observateur que possèdent l'Europe et la science, — on a été si loin, grâce à des procédés rigoureux de comparaison, que l'on est arrivé à constater la trace de l'homme dans les couches géologiques et dans les cavernes, sans y trouver des instruments ou des os de l'homme lui-même. C'est-à-dire que l'on distingue nettement de quelle façon les os des animaux étaient brisés par les bêtes féroces, et comment ils l'étaient par l'homme primitif. Vous pouvez maintenant, d'après les recherches de Steenstrup, dire au premier abord, à la vue d'un

n'existe plus qu'en fragments : ici c'est une bête féroce travaillé, là c'est un homme. Vous y trouvez établi ce ıe la bête féroce broyait l'os, tandis que l'homme l'ou- ›our en sucer la moelle et l'emportait dans sa demeure. 'antiquité de l'homme en Europe est aussi grande, il est nent positif que cette antiquité remonte au delà des ·res transformations qui ont modifié la face de l'Europe ême. Nous pouvons maintenant affirmer avec précision homme existait en Europe alors que la surface de la avait une configuration toute autre qu'aujourd'hui. pouvons dire avec certitude que, depuis le temps de mière apparition de l'homme en Europe, l'ensemble mat s'est entièrement modifié, que l'homme doit avoir dans ce pays à une époque où la région de la Médi- ée était séparée du reste du continent africain par une ɜ mer intérieure qui est devenue aujourd'hui le désert nara; qu'à cette époque les pays qui ceignent la Médi- ıée étaient rattachés les uns aux autres par des isthmes, altar, en Sicile, au Bosphore ; que la Baltique était une lacée couvrant toutes les plaines du Nord de l'Allema- de la Russie, de sorte que la Finlande, la Suède et la ge auraient formé une île, si elles n'avaient été ratta- alors au Danemarck ; que la France était unie aussi à eterre; en un mot, une transformation complète de la e de l'Europe a eu lieu depuis l'avénement de l'es- humaine, et l'homme a été témoin de cette transfor- ı graduelle.

preuves de cette modification successive du climat en ıce de l'homme s'offrent surtout à nous dans les admi- recherches sur la *période du renne*, faites en France ırtet, en Allemagne par Fraas, en Belgique par Dupont. ne peut plus contester maintenant qu'après la dispari- ɜs animaux des pays chauds arriva une période peu- aquelle les animaux du Nord, le renne, le glouton, le ıng, le renard polaire, le renard musqué, habitaient pe centrale où ils étaient chassés et mangés par les ıes d'alors. Il n'est pas douteux que la flore comme la le monde des animaux et le monde des plantes, vivaient ous un froid rigoureux, que nous avions dans l'Europe le un climat semblable à celui des régions du Nord, et lepuis la présence de l'homme en Europe, ce climat l a été peu à peu remplacé par celui dont nous jouissons rd'hui.

ı si nous pouvons maintenant proclamer ces résultats ıne pleine certitude—je parle de la certitude que seule onner une vraie méthode scientifique, — que reste-t-il ıciennes traditions sur la jeunesse de l'humanité, sur les dix mille ans qui ne sont, pour ainsi dire, qu'une goutte ıps qui s'est écoulé depuis l'apparition de l'homme sur ɜuropéen ? Songez-y bien : Depuis cette époque, des con- tout entières ont émergé du sein des mers par un ement lent et continu de quatre cents pieds au sur certains points, et il en résulte une transformation ète de l'Europe. Ces découvertes sont dues à la mé- géologique appliquée à l'étude des restes de l'homme animaux qui l'entouraient, enfouis dans la couche ap- *diluvium*. Elles fournissent au moins quelques échap- ur la manière dont la race humaine s'est étendue en e : je dis *échappées*, car il est clair qu'on ne peut pas le l'inconnu des conséquences tout à fait absolues.

ıà présent on a, dès le temps les plus anciens, des traces de la coexistence de l'homme avec des animaux disparus, le mammouth, l'ours des cavernes, le lion des cavernes, etc., avec cette population tropicale qui n'a été trouvée jusqu'ici que dans l'ouest et le sud de l'Europe; dans le centre, en Suisse, on ne l'a pas encore rencontrée. Pendant la période suivante, celle du renne, notre domaine s'étend déjà. Nous trouvons l'homme en Suisse, nous le trouvons en Souabe ; ce- pendant on n'a jusqu'ici découvert aucune trace de la co- existence du renne et de l'homme dans les parties septen- trionales de l'Allemagne ni en Danemark ; c'est seulement à une époque postérieure que nous voyons apparaître les traces de l'existence de l'homme dans ces régions. Ainsi ces recher- ches nous prouvent clairement que l'émigration de l'homme en Europe a dû venir des rives de la mer Méditerranée, se dirigeant successivement du sud-ouest, d'un côté vers le nord, de l'autre vers les autres régions de notre Europe.

II. *La civilisation primitive.* — Un autre intérêt de l'his- toire primitive se trouve dans les recherches sur le dévelop- pement de la culture et de la civilisation elle-même, sur l'état social de ces hommes que la méthode géologique nous a fait découvrir dans les couches terrestres ; tout à l'heure, c'était la géologie qui nous fournissait la lumière et nous procurait des données, maintenant c'est la comparaison avec ce qui existe aujourd'hui. Si l'on va, par exemple, au musée ethnologique de Copenhague étudier avec soin les salles des Esquimaux et du Groënland, et qu'on en rapproche comme pièces de comparaison les ustensiles extraits, dans le sud de la France, des cavernes de la période du renne, l'analogie est tellement surprenante que l'on pourrait confondre cer- tains objets avec les autres. Or, si les Esquimaux ont une façon de vivre déterminée par leur climat et des habitudes héréditaires, si cette manière de vivre et la fabrication d'un certain nombre d'instruments suffisent à la lutte de l'homme pour l'existence; si nous retrouvons ces instruments, absolu- ment identiques, dans les anciennes couches des cavernes, nous devons évidemment en conclure que les hommes de ce temps-là vivaient de la même manière et dans la même si- tuation que les Esquimaux d'aujourd'hui.

Je n'ai voulu par là qu'indiquer comment ces études sur la civilisation primitive doivent être poursuivies. Quels sont maintenant les résultats qu'elles nous ont fournis? L'âge d'or disparaît devant elles : nous voyons, au contraire, l'homme lutter durement pour l'existence, et commencer par un état de complète sauvagerie. On ne peut douter que nos ancêtres ne fussent des sauvages dans la pleine acception du mot; les blancs eux-mêmes, autant que nous pourrons approfondir leur situation d'alors, ressemblaient à ces sau- vages que nous regardons aujourd'hui comme les plus in- fimes, par exemple les Australiens. Nous n'en pouvons plus douter, c'est que peu à peu, en un temps très-long, que la culture et la civilisation se sont frayé une voie ; c'est peu à peu que les hommes se sont accoutumés à avoir des demeures fixes, première condition du développement de la civilisation. Notre science nouvelle permet donc de jeter une vive lumière sur les variations de cette civilisation.

Il n'est même plus douteux, — cela a été récemment dé- montré à Copenhague,—que nos ancêtres en Europe n'étaient pas seulement des sauvages, mais encore des anthropophages. Il n'est plus douteux non plus que cette anthropophagie n'ait été en rapport avec le développement des idées religieuses. L'homme mangeait d'abord son ennemi tué dans le combat,

parce qu'il croyait que, par cet acte, il s'incorporait les différentes qualités du mort, le courage, la force, la ruse. Il mangeait de préférence certains organes, parce qu'il les croyait le siége de ces qualités spéciales. Puis, dans le développement des choses religieuses, ces actes, d'abord réels, devinrent peu à peu symboliques, et, quand l'homme anthropomorphisa son Dieu, il le mangea également pour s'identifier avec lui.

Le progrès de la civilisation s'éleva bientôt à un haut degré de développement, ainsi que le prouvent les habitations lacustres de la Suisse, où, — sans qu'on connût les métaux, — l'agriculture et l'élève du bétail étaient très-florissants. Il est évident, — les nouvelles recherches le prouvent d'ailleurs, — que ce progrès dut encore être activé par l'échange et le commerce : c'est ainsi que fut introduite en Europe la condition essentielle de la civilisation actuelle, la connaissance des métaux.

Nous connaissons maintenant un grand nombre de lieux industriels des temps primitifs, et une foule de voies commerciales déjà parcourues dans les temps les plus barbares, et que les différents peuples commerçants suivirent l'un après l'autre. Nous pouvons ainsi démontrer avec certitude que notre première civilisation n'est pas, comme on nous l'avait jadis enseignée, originaire de l'Asie, mais qu'elle vient évidemment de l'Afrique, c'est-à-dire du sud du bassin de la mer Méditerranée. D'une part, nous pouvons peut-être démontrer, par l'étude des plus anciennes couches, que l'émigration humaine est venue peu à peu de cette région ; d'autre part, nous pouvons maintenant, en suivant la civilisation primitive, établir (comme Heer l'a fait par l'étude des anciennes plantes cultivées dans les habitations lacustres), que ces plantes ne viennent pas de la Haute-Asie, comme on le disait jadis, et comme on continue de le répéter dans bien des livres, mais bien de l'Afrique, c'est-à-dire de la région méridionale, et en partie de l'Égypte.

III. *Développement corporel de l'homme.* — J'arrive maintenant à un troisième ordre d'études qui appartient aussi à l'histoire primitive, le développement corporel de l'homme lui-même. Nous pouvons ici avancer, comme résultat général de cette étude, que le poëte a raison quand il dit :

L'homme croît avec ses hautes destinées.

Si l'homme ne croît pas tout entier, son cerveau du moins croît. Ici intervient l'anatomie comparée. Jusqu'ici le domaine est assez borné et cela pour divers motifs. D'une part, — c'est incroyable et pourtant vrai, — les études anthropologiques, les études sur l'homme lui-même, sur les races humaines qui existent encore aujourd'hui, sont restées bien en arrière des autres branches de la science. Nous pouvons presque dire que nous connaissons mieux les familles, espèces et races des singes que celles des hommes; à ce point de vue, en effet, on s'est plus occupé de l'étude des animaux que de celle des hommes. Il y a donc là encore une importante lacune à combler. D'autre part, dans bien des cas, les matériaux nous manquent pour l'étude des hommes qui peuplaient la terre aux temps primitifs. Beaucoup de couches n'ont encore fourni qu'un petit nombre de crânes. Mais il faut espérer, d'après le résultat des dernières recherches, que cette lacune sera, elle aussi, bientôt comblée. Il n'y a pas encore un an que tout un cimetière de la période du renne a été découvert en France, près de Solutri : on y a trouvé plus de quarante crânes et squelettes. Ainsi la race qui habitait alors la terre se présente à nous par un certain nombre de spécimens.

En synthétisant ces diverses recherches, on se convainc que l'homme se rapproche d'autant plus de l'animal, — et de celui qui est le plus apparenté, je le dis sans détour, du singe, — que l'état de son développement est moins avancé. Sans doute ce rapprochement ne peut pas se poursuivre à la fois sur tous les points ; telle race se rapproche plus du singe au point de vue de l'ensemble des membres, telle autre au point de vue du développement du crâne. Mais là où nous trouvons d'autres caractères, ils sont en quelque sorte le reflet de ceux que nous pouvons constater chez ces congénères de l'homme.

Ces études nous apprennent encore que l'homme dans l'ensemble de son existence, autant que nous pouvons l'embrasser dès les temps les plus anciens, est, comme tous les organismes, dans un rapport très-étroit avec ses prédécesseurs. Il ne peut pas être envisagé comme le résultat d'un acte de création isolé, non plus qu'aucun des organismes qui existent maintenant sur la terre. Il a subi les mêmes développements que ces organismes, et ses ancêtres gisent ensevelis dans les couches de terre, sous une forme différente de celle que nous voyons exister aujourd'hui. Il s'est civilisé et développé peu à peu, il a peu à peu acquis les caractères qui font de lui un véritable homme ; il les a légués à ses descendants, qui, à leur tour, ont reçu l'obligation de développer ces propriétés. Quand nous étudions les anciens crânes, certains caractères nous frappent, par exemple, le développement de l'arcade sourcilière, la proéminence des os maxillaires, etc. Nous voyons peu à peu ces caractères disparaître, le front devenir plus droit, le crâne plus haut et mieux voûté, la face rentrer de plus en plus sous le crâne; les caractères d'une culture inférieure s'affaiblissent progressivement, puis se transforment pour se rapprocher de la belle forme humaine idéale. Si cela se produit lentement et peu à peu, si ce phénomène est le résultat du travail de l'esprit, du travail que l'homme accomplit dans sa lutte pour l'existence, il ressort de ces études d'histoire primitive un dernier fait que je dois mettre en relief pour conclure.

Nous sommes tous des résultats combinés de l'action des nerfs d'une part, et de l'autre du perfectionnement qu'exige notre travail dans la lutte pour l'existence. Mais avec quoi combattons-nous ce combat pour l'existence ? Non pas certainement avec les bras et les pieds, mais avec ce qu'il y a derrière. Si donc nous nous efforçons chaque jour d'augmenter l'activité intellectuelle qui a son siége dans notre cerveau, si nous nous efforçons sans cesse de développer notre cerveau, d'après les lois du darwinisme, ces qualités qui nous facilitent le combat de la vie passeront à nos descendants, car elles sont héréditaires ; et l'être qui ne possède pas l'instrument nécessaire à la formation de ces facultés est perdu sans retour. Ainsi, le dernier résultat de l'étude de l'histoire primitive, c'est que l'homme a dans sa main son propre avenir, et qu'il se développe par son propre travail pour arriver au but fixé à son perfectionnement.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SIXIÈME ANNÉE | NUMÉRO 52 | 27 NOVEMBRE 1869

SOCIÉTÉ GÉOGRAPHIQUE DE LONDRES

SIR RODERICK I. MURCHISON
de la Société royale de Londres et de l'Institut de France

Les voyages scientifiques en 1868 et 1869

EXPÉDITIONS POLAIRES. — PÔLE NORD.

Ayant insisté en diverses occasions sur les progrès annuellement accomplis par les expéditions au pôle Nord, j'ai dû, dans notre précédente Assemblée, attirer tout particulièrement votre attention sur la tentative qu'allaient faire les Allemands, sous l'impulsion et la direction de notre lauréat, le docteur Petermann, pour pénétrer dans le bassin polaire par la côte est et nord-est du Groenland. Bien que le succès n'ait pas en tout point répondu aux espérances du chef de l'expédition, nous devons cependant constater un progrès notable, puisque la petite goëlette norwégienne, la *Germania*, a pu, en dépit de bien des circonstances défavorables, atteindre jusqu'à une latitude de 81°,05'.

Tandis que se faisait cet essai sur la côte orientale du Groenland, le gouvernement suédois, persévérant dans la voie de courageux efforts qu'il suit à son grand honneur depuis l'année 1861, entreprenait une expédition scientifique bien organisée, dans le but de perfectionner l'histoire naturelle et la géographie physique des rivages occidentaux et septentrionaux du Spitzberg, et aussi pour tenter de s'avancer vers le pôle en dépassant les limites septentrionales de cet archipel.

Il faut rappeler ici que l'initiative de ces explorations arctiques par les Suédois avait été prise, dès 1858, par M. Otto Torrell, qui avait visité à cette époque la partie occidentale du Spitzberg, en compagnie de M. A. E. Nordenskiöld, à bord d'un yacht qu'ils avaient loué. Cette première expédition avait pour but des recherches d'histoire naturelle et des explorations géographiques. Mais l'exploration physique générale ne commença qu'avec les expéditions du gouvernement, en 1861 et 1864, expéditions dont la dernière fut commandée par M. Nordenskiöld.

Essayer d'aborder le pôle en naviguant sur la mer Glaciale fut une particularité nouvelle, caractéristique de l'expédition de 1868; et le plan de cette dernière fut d'autant plus original, qu'elle ne dut s'exécuter qu'en automne, c'est-à-dire dans la saison où les expéditions antérieures avaient au contraire mis fin à leurs travaux. On supposait en effet qu'à cette époque de l'année, l'effet de la chaleur solaire sur les glaces aurait atteint son maximum, et que ce serait par conséquent le moment ou jamais de forcer le passage, pour le faire suivre d'un rapide retour. Après avoir atteint une latitude de 81° 42', — la plus élevée qu'aucun bâtiment ait jamais authentiquement atteinte, — le vapeur à hélice suédois fit une voie d'eau à la suite d'un choc contre une masse énorme de glace; il ne se sauva qu'à grand'peine, et, après s'être radoubé dans un *fiord* de glace, il se trouva tout juste capable de regagner sa patrie.

Les seules acquisitions faites par les Suédois en histoire naturelle, les résultats nouveaux ajoutés à nos connaissances sur la géologie, la zoologie et la botanique du Spitzberg, suffiraient pour payer largement les frais de ces entreprises. En effet, l'unique exploration antérieure qui eût été conduite de cette même manière systématique avait été l'*Expédition du Nord*, que les Français avait exécutée en 1838 et 1839, sous le commandement de Gaimard. Mais ce qui a droit à toute notre admiration, c'est que les Suédois sont, aujourd'hui encore, résolus à faire une nouvelle grande tentative, donnant ainsi l'exemple aux chercheurs du grand problème du pôle Nord, et prenant décidément le pas sur tous; c'est pour honorer ces nobles efforts dans une si noble cause que notre Société a décerné avec justice sa médaille de cette année à M. Nordenskiöld.

Le rapport que nous a envoyé M. Nordenskiöld, chef scientifique de l'expédition de 1868, en collaboration avec le commandant du bâtiment, le capitaine von Otter, — rapport qui a été lu dans notre Société, — a rencontré la plus vive approbation chez les naturalistes et les géographes; d'après les résultats déjà obtenus, nous sommes fondés à croire d'avance que, s'il doit être donné à l'homme de pénétrer dans le cercle arctique et de déterminer la nature réelle de la grande zone circumpolaire, Nordenskiöld et ses compagnons ont beaucoup de chances de mener à bonne fin cette grande entreprise. L'un des principaux titres scientifiques de ces expéditions suédoises a été l'achèvement, en 1864, par M. Nordenskiöld et ses aides, des travaux préliminaires nécessaires pour mesurer un arc de méridien sous ces latitudes, — chose que le général Sabine demande depuis si longtemps avec tant d'insistance. La presque totalité des côtes, les baies profondes et les canaux de ce groupe d'îles ont été relevés avec précision par ces hardis et heureux explorateurs, et l'excellente carte qu'ils ont publiée met en évidence la grandeur de leurs travaux.

L'un de nos excellents confrères étrangers, le zélé M. Malte-Brun, a, l'année dernière, exposé avec lucidité au public français la grande question de la recherche du pôle Nord, dans un travail intitulé : *Les trois projets*, anglais, allemand et

français. Ces trois projets, dont l'auteur appréciait savamment la valeur respective, étaient — celui de Sherard Osborn, qui voulait approcher du pôle par la baie de Baffin et le détroit de Smith, projet qui a été longuement étudié dans notre Société, — celui du Spitzberg, soutenu par Petermann, et appuyé par Sabine, — et enfin celui du détroit de Behring, imaginé par le lieutenant Lambert, de la marine française.

J'ai déjà traité de ces questions, aussi bien que d'un quatrième projet, par la côte orientale du Groenland, qui a été proposé par le capitaine baleinier Gray; je n'ai pas besoin d'y revenir. Toutefois j'éprouve la plus vive satisfaction à annoncer au monde scientifique que le projet que notre gouvernement a refusé d'adopter est actuellement en pleine voie d'exécution, grâce au courage et à la générosité d'un gentleman écossais, membre de notre Société.

M. James Lamont, — qui était représentant du Buteshire dans la précédente chambre des communes; qui a autrefois exploré les mers du Spitzberg et donné au public de vivantes descriptions de la chasse au morse; qui de plus a largement contribué à accroître la somme de nos connaissances sur la faune et sur la géologie des régions arctiques, — M. James Lamont, dis-je, quittait le Clyde au mois d'avril sur un steamer à hélice du port de 250 tonneaux, construit et équipé à ses frais, et muni d'un équipage déjà acclimaté et fait aux glaces polaires, d'un capitaine expérimenté et d'un homme de science. C'est avec ce bâtiment qu'il fait aujourd'hui un héroïque effort pour pénétrer vers le pôle plus avant que n'ont pu faire ses devanciers (1). Nous autres, géographes, nous ne pouvons que nous féliciter de ce que les électeurs du comté de Bute aient refusé les services de M. Lamont, puisque l'abandon de son siége au sénat lui permet de dévouer son activité, son talent et sa fortune à notre cause.

Je ne veux point essayer de déterminer d'avance ce que l'expérience doit nous apprendre au sujet du véritable état physique de la région qui entoure le pôle Nord. Est-ce un vaste bassin maritime, d'où les baleines émigrent en nombre pour se diriger vers le sud jusqu'au détroit de Smith et à la mer de Baffin ? Les terres dominent-elles au contraire? Quoi qu'il en soit, les fragments de roches et de terrains que les Suédois ont récemment rencontrés flottants sur la glace, dans la direction du nord vers le Spitzberg, paraissent démontrer de la manière la plus certaine qu'il existe des terres dans cette direction. Ces terres sont peut-être la continuation de celles d'Arnheim et de Wrangel, qui sont situées au-dessus de la côte septentrionale de la Sibérie, que notre compatriote Kellett signala le premier, et qui ont été décrites depuis plus complétement par un capitaine baleinier américain dont je vous ai entretenus l'année dernière.

Parmi les découvertes que l'on a faites relativement aux productions naturelles des régions polaires, aucune n'a plus vivement intéressé les hommes de science que ce fait, que le sous-sol y contient en maint endroit des débris fossiles de plantes appartenant aux climats chauds. Dans leurs premières explorations, les *Officiers arctiques anglais* — desquels le général Sabine est le plus ancien survivant — avaient trouvé certains fossiles que l'on rapporta à la période carbonifère supérieure où florissaient les palmiers et les fougères arborescentes; plus récemment on a aussi découvert des restes d'animaux de l'époque du lias. C'est toutefois dans le courant de ces dernières années seulement, et grâce aux collections réunies d'une part au Groenland par ceux de nos navigateurs qui sont allés à la recherche de Franklin, et plus tard par M. Whymper, d'autre part au Spitzberg par l'expédition suédoise, que le docteur Heer, le célèbre botaniste de Zurich, s'est trouvé en mesure de décrire une riche flore de l'âge miocène, dans laquelle il a pu placer, même d'après la collection de M. Whymper, quatre-vingt-quinze espèces de plantes caractéristiques d'un climat semblable à celui de l'Italie méridionale. En présence de ce fait, le géologue, surpris de constater l'existence primitive d'une flore exubérante dans la région aujourd'hui glacée du pôle arctique, se sont d'abord efforcés d'en trouver l'explication dans de simples modifications de la géographie physique des terres et des mers ; mais aujourd'hui ils se sentent attirés par les conceptions plus grandioses de certains astronomes, qui cherchent à rendre compte de ce phénomène, en nous reportant, à travers des centaines de milliers d'années dans le passé, à une époque où la terre, grâce à la déviation de son axe, présentait à l'action directe des rayons solaires ses régions arctiques et antarctiques actuelles.

OCÉAN ANTARCTIQUE.

Lorsque nous usions de toute notre influence pour pousser le gouvernement à soutenir la réputation de notre marine dans l'exploration des mers glaciales, en complétant l'œuvre pour laquelle nous avions déjà tant fait, c'est-à-dire la fixation de la géographie et de l'histoire naturelle de la région polaire septentrionale, l'une de nos principales raisons était la suivante : nous savions bien que, dans peu d'années, l'Angleterre, comme toutes les nations maritimes civilisées, allait être appelée à envoyer des astronomes observer le passage de Vénus au milieu des mers glaciales, difficiles et mal connues du cercle antarctique. Nous soutenions (et, suivant moi, avec la plus juste raison) que, lorsque arriverait le moment d'établir des observatoires dans ces régions, c'est à peine s'il nous resterait un seul marin versé dans la navigation des mers glaciales et encore capable de l'enseigner à d'autres ; c'est pourquoi nous craignions vivement d'entrer dans cette grande entreprise scientifique avec d'énormes désavantages.

Nous touchons cependant à cette période d'explorations antarctiques; et il se trouve que, tandis qu'on refusait à notre marine royale toute occasion de s'instruire dans la pratique des mers glaciales par des expéditions au pôle Nord, les dispositions préparatoires à prendre pour les observations des passages de Vénus en 1874 et 1882, étaient déjà l'objet, dans

(1) Le bâtiment de M. Lamont, *la Diane*, a traversé le canal de Crina, et est arrivé heureusement par le canal de Calédonie jusqu'à Inverness ; c'est de là que, le 20 avril, M. Lamont m'écrit qu'il espère se trouver à Tromso le 1[er] mai, et qu'il aura ensuite quatre grands mois de l'été polaire à sa disposition. Il m'annonce qu'il va essayer de passer par le côté nord-est du Spitzberg ; avec l'espérance de pouvoir, une fois la terre de Gillie atteinte, en suivre avec son bâtiment la côte occidentale jusqu'à une grande distance vers le nord. Son opinion préconçue, fondée sur les insuccès répétés qu'ont éprouvés tous ceux qui avant lui ont voulu pénétrer les glaces par le nord-ouest, est que la vraie route à suivre est le côté est du Spitzberg. S'il arrive à prouver que les terres s'étendent vers le pôle beaucoup plus loin que la Nouvelle-Zemble, il nous aura fourni des renseignements géographiques d'une haute importance, qui nous permettront de préciser les limites de la zone de la mer polaire ouverte supposée. En attendant, applaudissons des deux mains à la noble et courageuse entreprise du navigateur écossais.

la Société astronomique, d'une savante étude de la part de M. Airy, l'astronome royal ; son travail sur ce sujet fut suivi d'observations par le capitaine Richard, le savant hydrographe, par M. H. Toynbee, le vice-amiral Ommanney, le commandant d'état-major Davis, M. E. J. Stone et M. Warren de la Rüe. La partie géographique de la question a été portée devant notre Société, où elle a soulevé une discussion très-animée, par le commandant Davis, qui a été lui-même un explorateur des régions antarctiques, et par l'un des plus anciens compagnons de cet habile navigateur polaire, sir James Ross.

Qu'il doive se faire des expéditions préparatoires destinées à assurer l'établissement d'observatoires appropriés, pour élucider cette importante donnée de la physique du monde, je ne puis en douter, lorsque j'entends l'astronome royal proclamer, en parlant de l'expédition envoyée dans l'océan Pacifique pour observer le passage de Vénus en 1769, qu'elle a toujours été considérée depuis comme l'une des principales gloires scientifiques de l'Angleterre au siècle dernier. A coup sûr, notre pays, qui a fait de si grands progrès dans les sciences physiques dans ces cent dernières années, doit plus fortement que jamais sentir l'urgence et l'importance de cette nouvelle expédition. Mais hélas! je ne puis m'empêcher, en dépit des confiantes espérances de mon savant ami l'hydrographe, d'éprouver de tristes pressentiments, relativement aux efforts que va accomplir notre nation, lorsque je vois une branche de la science aussi importante que celle de la recherche du pôle Nord, laquelle n'apporte pas à la vérité avec elle la recommandation vulgaire de l'intérêt et du profit, dédaignée par un trop grand nombre de mes compatriotes, pour lesquels la banale formule du *cui bono* est une justification suffisante d'une mesquine abstention dans ce qui pourrait donner à notre patrie honneur et gloire.

ASIE.

Asie centrale. — La question de l'Asie centrale a, cette année encore plus que la précédente, occupé notre attention. En effet, tandis que d'une part les Russes exécutaient des explorations très-avancées dans les monts Thian-chan, et bien au delà de leurs possessions le long du cours du fleuve Iaxarte ou Sir-Daria et dans le khanat de Boukhara, d'autre part le capitaine Montgomerie, notre lauréat, en employant les *Pundits* indigènes qu'il a su dresser, complétait le levé géographique de la partie sud-ouest de la région montagneuse du Thibet, qui était entièrement inconnue de nos prédécesseurs, et dans laquelle on a trouvé de vastes placers d'or.

Grâce aux mesures prises par notre énergique confrère, M. Forsyth, pour obtenir l'appui du gouverneur ou *kooshbegie* actuel du Turkestan oriental, un de nos compatriotes, M. Shaw, cultivateur de thé à Kangrah, a pu traverser les défilés élevés des montagnes situées au nord de Lei, et faire passer son convoi de marchandises sur le territoire Yarkand. Comme c'est la première fois qu'on voit une pareille entreprise menée à bonne fin ; comme, de plus, tout ce fertile pays est aujourd'hui entièrement abandonné par les Chinois, nous pouvons raisonnablement supposer que nos plantations de thé de l'Hindoustan vont, à l'avenir, fournir aux indigènes mahométans de la vaste région autrefois connue sous le nom de Tartarie chinoise, cette indispensable denrée, qu'ils ont à peine goûtée depuis le jour où ils ont secoué le joug de la Chine.

Si la limite orientale de l'empire russe dans l'Asie centrale était fixée à la grande chaîne des monts Thian-chan, que le géographe Semenof a décrite en grande partie, nos alliés pourraient entretenir sur leurs frontières d'utiles relations commerciales avec le *kooshbegie* ou chef de cette fertile région du Turkestan oriental, tandis que de leur côté les Anglais y importeraient le thé des Indes, par Cachemire, en échange des productions les plus précieuses du pays.

L'étude des routes commerciales entre le Turkestan et l'Inde a occupé, à deux reprises, l'attention de notre Société pendant cette session ; et c'est pour tous les géographes une source de vive satisfaction de constater comment nous arrivons peu à peu, lentement, mais sûrement, à connaître les régions situées au delà de la frontière septentrionale de l'Inde, régions que traversèrent souvent au moyen âge des voyageurs européens se rendant en Chine. Pour ce qui regarde l'itinéraire de Mahomed-Amin, commerçant yarkand, que nous a communiqué M. Hayward, je suis informé par le colonel Henry Yule que c'était le même homme qui servait de guide au malheureux Adolphe Schlagintweit. D'après le colonel Yule, auquel je dois presque tous les détails qui suivent, les routes avaient été déjà gravées, et se trouvaient dans les *Appendices* de l'intéressant *Rapport sur le commerce et les ressources des pays limitrophes au nord-ouest de l'Inde anglaise*, qui avait été publié à Lahore, il y a sept ans (1862), par M. B. H. Davies, du service civil des Indes. Ce rapport fut imprimé en 1864 par ordre de la chambre des communes, et sur la proposition de M. Henry Seymour; seulement, dans cette nouvelle édition, on fit disparaître la totalité des pièces originales si précieuses qui constituaient les *Appendices*, aussi bien que toutes les cartes! J'ignore quelle est l'administration que nous avons à remercier pour cette suppression, qui ne fut pas une économie; toujours est-il que, pour ce motif, les routes contenues dans le rapport original de Lahore n'ont pu être qu'à peine connues dans ce pays ; et il serait à considérer si nous ne ferions pas bien de réimprimer, avec celles qui doivent se trouver dans ces appendices, celle dont M. Hayward nous a envoyé le tracé.

Dans les cartes qui accompagnaient le rapport de Lahore, on trouvait une tentative digne d'éloges, due au capitaine Lumsden, du département du quartier-maître général des Indes, pour réunir en une vue d'ensemble tous les renseignements qu'il avait pu se procurer sur ces routes; le colonel Walker, directeur du *Trigonometrical survey*, a aussi tout récemment fait un grand usage des mêmes renseignements pour sa *Carte du Turkestan, en quatre feuilles, dressée d'après les levés exécutés par les officiers russes et anglais jusqu'en* 1867, *et d'après les voyages les plus récents.* Cette œuvre du colonel Walker n'est pas très-riche en détails topographiques, mais elle est inappréciable comme vue d'ensemble des résultats précis obtenus à la date la plus récente, et elle constitue dans notre cartographie de ce pays un progrès comme on n'en avait pas réalisé depuis près de trente ans. En effet, entre les erreurs dues aux frères Schlagintweit, et celles que contient le manuscrit anonyme des archives russes qui a été discuté dans nos réunions par sir Henry Rawlinson et feu lord Strangford, les cartes de l'Asie centrale qu'ont publiées quelques éminents géographes étrangers dans ces dernières années, ont plutôt reculé que progressé en exactitude sur bien des points importants.

Un résultat des acquisitions récentes que le colonel Walker a coordonnées dans sa carte, a été d'augmenter considérablement la largeur de la contrée montagneuse peu connue qui s'étend entre le cours supérieur du Djihoun (*Oxus*) et le bassin du Turkestan oriental, et de jeter un jour nouveau sur les territoires qui occupent cet intervalle, lequel, d'après la carte du colonel Walker, mesure 386 milles (621 kilomètres). « Cela nous permet, dit le colonel Yule, de comprendre aujourd'hui plus aisément le nombre considérable de jours que Marco Polo, Bénédict Goës, et tous les voyageurs orientaux fixent pour le passage du Turkestan oriental au Turkestan occidental. »

« Entre le Yarkand et le plateau de Pamir, dit le colonel Yule, nos cartes n'indiquaient rien qui pût faire supposer la présence de l'homme, si ce n'est un ou deux noms reposant sur des autorités contestables et représentant on ne savait quoi ; le plus saillant de ces noms était *Karchu* (1). Nous n'avions non plus aucune connaissance de villes ou villages établis dans ces retraites montagneuses. Cependant les anciens pélerins chinois, qui, en se rendant dans l'Inde, suivaient fréquemment cette voie, parlent de principautés qui ont dû exister dans ces régions. Tel est, en particulier, le royaume de *Khiepuanto* (*Khavandha*), visité par Hoeï-seng en 518, et par le plus célèbre Hiuen-thsang, dans le siècle suivant, lorsqu'il descendit de Pamir (2). D'après sa description, ce pays produisait un peu de riz, quelques fleurs et quelques fruits, mais en revanche du blé et des légumes en abondance. La population était peu nombreuse, un peu primitive et sauvage; elle devait cependant avoir atteint un certain degré de civilisation, puisqu'elle possédait une écriture particulière et quelques dizaines de couvents bouddhistes. Le prince se désignait lui-même sous le titre de *China-Deva-gotra*, *fils de la Chine et de Dieu*, titre qu'expliquait une romanesque légende, analogue à celle de la paternité de Romulus.

» Ce royaume, qui était considéré comme très-ancien au VIIe siècle, répondait sans aucun doute à la province actuelle de Tashkurghan, autrefois appelée Sarikul, qui est signalée dans l'itinéraire de Mahomed-Amin, et décrite par le pundit Munphul dans l'un des précieux appendices du *Rapport* de Lahore (3). On savait déjà qu'il existe, à l'est de Pamir, un district portant le nom de Sarikul, puisqu'il est mentionné par Moorcroft, et qu'on le trouve dans les tables des jésuites missionnaires ; mais c'est dans les documents de Lahore qu'on voit apparaître pour la première fois quelques renseignements précis à ce sujet.

» Ces documents nous apprennent que le Tash Kurghan (car tel est le véritable nom de la ville principale de la province) renferme plusieurs vallées fertiles, flanquées par de hautes montagnes dont les cimes sont couvertes de neiges perpétuelles, ou par des chaînes moins élevées qui n'ont de la neige qu'au cœur de l'hiver, et qui fournissent de magnifiques pâturages à des troupeaux immenses de chèvres, moutons, yaks, vaches, chameaux et chevaux. D'après le Pundit, la province mesure 250 milles (402 kilomètres) depuis la chaîne des Karakorum au sud jusqu'à celle des Kizil-art au nord, et 100 milles (161 kilomètres) depuis les monts Pamir à l'ouest jusqu'à Chiraghtang, sur les bords de la rivière Yarkand, à l'est. Ces mesures auraient besoin d'être vérifiées; car, si l'on s'en rapporte au dessin que le colonel Walker a fait d'après les données imparfaites que l'on possède aujourd'hui, la plus grande étendue de la province du nord au sud serait d'à peu près 112 milles (180 kilomètres), et de l'ouest à l'est d'environ 140 (225 kilomètres). La capitale Tashkurghan est, paraît-il, une ville très-ancienne, située dans la plaine, de forme circulaire, et ayant plus d'un mille et demi (2414 mètres) de circonférence. Elle possède des remparts construits d'énormes blocs de pierres de taille. Les récoltes consistent en blé, en *Bajra* (une sorte de grand millet indien, *Holcus spicatus*) et en pois; en fait de fruits, quelques pommes et abricots.

» Le nom de *Tash Kurghan*, qui signifie *Fort de pierre*, pourrait faire supposer que c'est là la fameuse *Turris lapidea* de Ptolémée, qui était un point si important sur la route commerciale de l'ancienne Chine; il est cependant difficile de concilier les indications des géographes avec une situation aussi méridionale, et ce nom est d'ailleurs trop commun dans le Turkestan pour permettre d'établir une pareille identité.

» Je puis renvoyer ici à la relation que M. Johnson a rapportée de Khotan, au sujet de l'existence d'une route qui, partant d'Ilchi, tournerait l'extrémité orientale des monts Kuenluen, et qui permettrait à des voitures de passer directement de l'Himalaya dans les plaines de l'Asie centrale. On trouve dans les *Notes posthumes* de Moorcroft un très-curieux passage qui signale aussi une route carrossable, à laquelle il donne même plus d'étendue. Je prends la citation dans le premier volume de notre *Journal* (p. 243) : « Le commerce entre l'Hindoustan et » le Khotan était très-considérable; et l'on dit même, bien que » ce soit, je présume, une exagération, qu'une voiture chargée » pourrait faire tout le chemin depuis Nugeebad (*Nujibabad*, » près de Hadwar ?) jusqu'à Sureekeea, par les montagnes du » Khotan. » Et, dans une note, Moorcroft ajoute qu'on lui a dit que cette route passait par Rudokh et Gartokh. Les détails des renseignements de Moorcroft sur ce dernier point étaient probablement inexacts; car il paraît peu compatible avec les faits certains que met en évidence la carte du colonel Walker, qu'il puisse y avoir une route carrossable depuis Rudokh, dans les plaines de Chantang, jusqu'à Surikia (1), qui se trouve dans la vallée de la rivière Karakash, au-dessous de Suget, et la direction qu'indique Johnson, par Polu et Kiria, est entièrement différente.

» Une note de Moorcroft mentionne des restes remarquables d'une route régulièrement tracée et *pavée*, qu'il a vue en 1812, sur le côté indien de l'Himalaya, et qu'un vieux paysan attribuait à un *Badshah* ou empereur inconnu. Il a entendu dire, ajoute-t-il, qu'autrefois il existait un grand mouvement commercial sur cette route, entre l'Hindoustan et plusieurs pays très-éloignés. Moorcroft suppose que c'est un débris d'une ancienne route impériale allant à Khotan. Pour ce qui est de sa situation, « elle se trouve, dit-il, si mes souvenirs ne me » trompent pas, à quelques *kos* au nord-est du village de » Bundalee, qui est lui-même situé, je crois, au nord-ouest

(1) Ce mot de *Karchu*, que portent nos cartes, paraît représenter *Kara Sou, rivière noire*, nom de l'une des rivières qui descendent de Pamir.

(2) *Ritter*, VII, 498, 563; *Hiouen Thsang*, *Mém. sur les contrées occidentales*, par Julien, II, 209 sq.

(3) *Rapport*, *etc.* Append., p. CCCXXVI sq.

(1) Ceci n'est cependant pas absolument prouvé ; voyez les observations de M. Johnson dans le *Journal de la Société royale géographique*, vol. XXXVII, p. 2, ligne 6.

» du fort ruiné de Chandpoor », et pas très-loin probablement de la rivière Pindar. Il eût valu la peine d'appeler l'attention du colonel Walker sur cette note de Moorcroft. »

Burmah et Chine. Expédition de Bhamo.— L'expédition envoyée l'année dernière par le colonel Fytche, chef-commissaire du Burmah anglais, pour établir des communications avec les nouveaux gouverneurs mahométans du Yun-nan, et pour tenter de rouvrir le commerce entre cette province et le fleuve Iraouaddy par la voie de Bhamo, a rencontré toutes sortes de difficultés et de retards. Le capitaine Sladen et son escorte atteignirent définitivement Momein, ville frontière du gouvernement mahométan, et reçurent du gouverneur un accueil plein de cordialité ; seulement celui-ci les détourna si fortement de s'avancer vers Talifu, en raison de l'état encore troublé du pays, que le capitaine Sladen sentit sans doute qu'il ne pouvait pas s'exposer, en se soumettant strictement aux injonctions de son gouvernement, à provoquer les complications qui auraient pu résulter de sa persistance à avancer malgré l'avis du gouverneur. Toutefois, comme le capitaine Sladen resta sept semaines à Momein, sa relation pourra être considérée comme une source d'informations précieuses. Un fait un peu surprenant que nous apprenons, c'est que, d'après son estimation, Momein se trouve situé à 8000 pieds (2438 mètres) environ au-dessus du niveau de la mer. Le seul rapport qui nous soit encore arrivé sur ce voyage a été publié à Rangoon par le lieutenant Bowers, probablement officier retraité de la marine, qui accompagnait l'expédition comme représentant d'une partie de la population commerciale du Burmah anglais. Ce n'est pas un document de très-grande clarté ni intelligence, et il ne diminue en rien notre impatience de connaître la relation du capitaine Sladen lui-même (1).

Expédition de M. T. T. Cooper.— Un explorateur infatigable autant qu'intrépide, M. T. T. Cooper, a accompli, au commencement de l'année 1868, une tentative pour traverser les régions inconnues qui séparent la province chinoise de Szu-Tchouan de l'Assam. Il avait fait un heureux voyage sur les rivières Yangtsze et Tai-tow-ho, et traversé la ville frontière de Tai-tsian-loo, lorsque, à son arrivée à Bathang, les autorités chinoises l'obligèrent à revenir sur ses pas. En août 1867, il avait communiqué ses plans à notre Société par une lettre écrite à Chang-haï avant son départ; une réponse pleine d'instructions fut rédigée par une commission nommée à cet effet; malheureusement ces instructions, aussi bien qu'une lettre que j'écrivis moi-même, ne purent atteindre la Chine avant le départ de l'expédition. Elles nous furent renvoyées par l'administration postale, et M. Cooper ignore probablement encore l'intérêt que nous avons pris à ses entreprises. Nous apprenons qu'après son retour forcé de Bathang il a essayé de traverser le Burmah par Yun-nan, et, trouvant cette nouvelle tentative aussi irréalisable que la première, il a fait le tour jusqu'à Calcutta, avec le dessein arrêté d'explorer les routes entre l'Inde et la Chine occidentale depuis les frontières de l'Assam. Une lettre de Calcutta nous annonce que l'intention de M. Cooper est de s'avancer lentement et de faire un long séjour, s'il le juge nécessaire, parmi les tribus de l'intérieur, se conciliant la faveur des chefs et du peuple, et demeurant plusieurs mois au sein d'une tribu avant de passer sur le territoire de la suivante. Une fois arrivé à Bathang, dit-il, il ne rencontrera plus aucune difficulté. Bien que M. Cooper ne soit pas un savant, il paraît posséder cependant beaucoup des qualités nécessaires à un voyageur, dans des régions difficiles comme celles où il essaye actuellement de pénétrer. Les négociants de Calcutta ont organisé une souscription pour couvrir les frais de son expédition.

Exploration française du grand fleuve Cambodje et du Yunnan. — C'est tout récemment que me sont arrivées les premières informations précises sur ce remarquable voyage (1), et je saisis avec joie l'occasion de rendre justice à l'une des plus remarquables et des plus heureuses expéditions exploratrices qu'ait vues le XIXe siècle. La seule grande cause de regrets qui se rattache à cette entreprise est que son infatigable chef, le capitaine de la Grée, n'ait pas survécu, pour rapporter lui-même en Europe les résultats de ses travaux et de ses fatigues.

L'expédition fut constituée en 1866, par les ordres du ministre de la marine, M. de Chasseloup-Laubat. Elle fut placée sous la direction du capitaine Doudard de la Grée, de la marine impériale, avec le lieutenant français Garnier, du même corps, comme commandant en second, MM. Joubert et Thorel comme chirurgiens, observateurs et savants, et deux officiers plus jeunes. Elle quitta Saïgon le 5 juin 1866.

Le point le plus élevé que déterminèrent d'abord les Français sur le grand fleuve Cambodje fut Cratieh, situé par 12°28′ de latitude nord, à environ 280 milles (450 kilomètres) de l'embouchure ; la marée s'y fait encore sentir, mais légèrement. Ils rencontrèrent ensuite une série de rapides, au sein de cette région de forêts magnifiques, à peu près inhabitée, qui sépare le royaume de Laos du Cambodje. 125 milles (200 kilomètres) au-dessus de Cratieh, on se trouva en face de véritables cataractes d'une cinquantaine de pieds (15 mètres) de hauteur; il y aurait là une interruption forcée pour la navigation à vapeur, dont il serait d'ailleurs très-difficile de maintenir la continuité même jusqu'à ce point.

Il est digne de remarque que ces rapides et cataractes se trouvent tout spécialement mentionnés dans la vieille relation hollandaise de Gérard van Wusthof, chef de la dernière expédition (si nous sommes bien informé) qui ait remonté cette rivière, et qui date de plus de deux siècles (1641).

Au-dessus des cataractes, la rivière devient plus étroite et plus profonde dans une région montagneuse ; sa largeur se réduit en quelques points à 300 pieds (91 mètres), tandis que sa profondeur atteint une pareille dimension.

Entre Khemarat et Vienchang (ancienne capitale du Laos, qui a été visitée par le Hollandais Envoys et appelée par lui *Winkjan*), le grand fleuve coule de nouveau en pays de plaine; mais en ce dernier point, les montagnes recommencent, et elles se continuent, suivant toute probabilité, jusqu'à la source éloignée. A Luang Prabang, les voyageurs rencontrèrent d'intéressants souvenirs, et visitèrent la tombe de notre regretté correspondant Henri Mouhot; seulement il est prouvé

(1) Au sujet de la communication entre la province chinoise du Yunnan, aujourd'hui indépendante, et le Burmah, par Momein, j'ai reçu quelques informations précieuses du colonel Ripley, qui a été pendant plusieurs années fonctionnaire politique à Burmah. J'ai regret d'ajouter que les notes qu'il me transmettait sous la forme d'un compte rendu de la mission du docteur Williams, ont été égarées.

(1) Voyez le *Bulletin de la Société de géographie*, 1869, p. 97 et sq., et la *Revue maritime et coloniale*, avril 1869.

que les latitudes qu'il avait assignées à divers points sur sa route étaient trop élevées de plus de 1 degré.

Il devint impossible de poursuivre le voyage sur le cours du Cambodje, au delà de Xieng-Hong ou Kiang-Hung (d'après l'orthographe habituellement adoptée), terme du remarquable voyage du lieutenant Macleod en 1837. Il est satisfaisant de constater que la latitude de Kiang-Hung établie par l'expédition française est en concordance parfaite avec celle qu'avait donnée Macleod.

De Kiang-Hung, les voyageurs poussèrent vers le nord, à travers le Yun-nan méridional, en passant par le célèbre Esmok, aujourd'hui désert, et s'avancèrent au travers de ces *terres inconnues* jusqu'à Yunanfu, où ils arrivèrent le 24 décembre 1867, dix-huit mois et demi après avoir quitté Saïgon.

La Société sait qu'il y a quatorze ou quinze ans, les Mahométans, qui formaient une partie importante de la population du Yun-nan occidental dès le moyen âge, se sont révoltés contre la Chine et ont réussi à constituer un État indépendant, sous un certain sultan Suleiman, qui a pris pour capitale la vieille ville de Talifu, point important de la grande route commerciale du Burmah à la Chine. C'était pour l'expédition française d'un haut intérêt d'atteindre Tali, à la fois pour s'assurer de sa position géographique, et pour se rendre compte de son importance politique actuelle. Mais, lorsqu'elle arriva au Yun-Nan, les deux partis étaient en guerre ouverte, et il ne pouvait être question de passer directement de la ville de Yun-nan à Tali. C'est cependant avec peine que les voyageurs renonçaient à leur projet. Laissant son chef, que sa santé rapidement déclinante rendait incapable de nouveaux efforts, sous la garde de l'un des officiers médicaux à Tongchuan, dans le Yun-nan septentrional, le lieutenant Garnier tourna le théâtre des hostilités par un audacieux détour au travers des gorges du Kinsha ou Yang-tsze supérieur, et réussit finalement à pénétrer dans la capitale mahométane. En dépit d'apparences d'abord flatteuses, la troupe avait à affronter le lendemain de grands périls ; cependant son chef eut la satisfaction de la ramener saine et sauve à Tong-chuan, où l'attendait la douleur de ne retrouver que la dépouille de son vaillant capitaine. Pour conduire à heureuse fin cet épisode du voyage, le lieutenant Garnier dut faire preuve d'un courage et d'une habileté remarquables. Emportant avec eux le corps de leur capitaine, les explorateurs finirent par atteindre Sucheufu, sur le Yangtsze navigable ; ils purent s'embarquer sur cette rivière pour Chang-haï, où ils arrivèrent le 12 juin 1868.

Aucune expédition, depuis bien des années, n'a, que je sache, traversé en Asie une aussi grande étendue de pays inexploré. Nous n'avons pas à tenir grand compte du court récit hollandais dont je parlais tout à l'heure, non plus que des relations des missionnaires de l'Église romaine qui, bien que familiarisés depuis longtemps avec les coins reculés de l'empire chinois, ont très-peu fait profiter leurs connaissances à l'ensemble de la science géographique. Tout le voyage des explorateurs français, depuis le cours du Mei-Kong jusqu'à Sucheu, sur le Yangtsze, — en exceptant seulement Kiang-Hung, où ils ont touché la limite du voyage de Macleod, — peut être considéré comme ayant foulé un sol vierge. 6200 milles (9976 kilomètres) ont été traversés entre Cratich et Chang-Kaï, dont 2480 (2990 kilomètres) à pied ! La route suivie a été relevée sur une longueur de 4176 milles (9268 kilomètres), et le tracé corrigé par la détermination directe de 58 points au moyen de l'observation astronomique. Une masse énorme de connaissances a été accumulée en philologie, antiquités, zoologie, botanique, géologie : des centaines de dessins ont été rapportés. Le lieutenant Garnier prépare une relation de l'expédition, que le gouvernement impérial publiera à un tirage considérable. Cette remarquable expédition sera, je l'espère, récompensée à notre prochain anniversaire par le don d'une médaille d'or.

RODERICK IMPEY MURCHISON.

— *Traduit de l'anglais par le Dr René Benoit.* —

BULLETIN DES COURS.

Faculté des sciences de Paris.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE (les mercredis et vendredis, à midi et demi). — M. OSSIAN BONNET (de l'Institut) traitera des applications de la méthode infinitésimale à la théorie des lignes et des surfaces courbes.

ALGÈBRE SUPÉRIEURE (les lundis et mercredis, à onze heures). — M. HERMITE (de l'Institut) traitera de la théorie des équations.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL (les lundis et jeudis, à onze heures). — M. SERRET (de l'Institut) traite du calcul différentiel.

MÉCANIQUE RATIONNELLE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. LIOUVILLE (de l'Institut) traitera de la composition des forces et des lois générales de l'équilibre et du mouvement.

ASTRONOMIE MATHÉMATIQUE ET MÉCANIQUE CÉLESTE (les lundis et jeudis, à huit heures et demie). — M. PUISEUX exposera les méthodes de calcul applicables aux principaux phénomènes astronomiques.

CALCUL DES PROBABILITÉS ET PHYSIQUE MATHÉMATIQUE (les mardis et samedis, à dix heures et demie). — M. LAMÉ (de l'Institut). M. BRIOT traitera de la théorie mathématique de la lumière.

MÉCANIQUE PHYSIQUE ET EXPÉRIMENTALE (les mardis et samedis, à midi). — M. DELAUNAY (de l'Institut) traitera des principales machines employées dans l'industrie et spécialement des machines motrices.

PHYSIQUE (les mardis et samedis, à une heure et demie). — M. P. DESAINS traitera de la chaleur, du magnétisme, de l'électricité, de l'électro-magnétisme et de leurs principales applications.

CHIMIE (les lundis et jeudis, à une heure). — M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE (de l'Institut) exposera les principes généraux de la chimie ; il fera l'histoire des métaux.

ZOOLOGIE, ANATOMIE, PHYSIOLOGIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à trois heures et demie). — M. MILNE-EDWARDS (de l'Institut) traitera de l'anatomie comparée et de la physiologie des animaux.

MINÉRALOGIE (les mercredis et vendredis, à deux heures). — M. DELAFOSSE (de l'Institut), après avoir exposé les propriétés générales des minéraux, fera l'histoire des principales espèces, et plus particulièrement de celles de la classe des pierres.

PALÉONTOLOGIE (les mercredis et vendredis, à quatre heures). — M. A. GAUDRY fera connaître les fossiles caractéristiques des diverses époques géologiques. Il insistera particulièrement sur l'étude des êtres primaires et secondaires.

AVIS.

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la fin de novembre, et qui désirent à cette occasion changer les conditions de leur souscription et profiter des avantages que leur présente, soit l'abonnement d'un an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscription aux deux *Revues des cours scientifiques* et *littéraires*, sont priés d'avertir immédiatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat sur la poste ou des timbres-poste.

Les abonnés qui, d'ici à la fin de novembre, n'auront fait parvenir aucun avis au bureau de la *Revue* seront considérés comme désirant continuer leur abonnement dans les mêmes conditions. En conséquence, ils recevront par l'entremise des porteurs, soit à Paris, soit dans les départements, une quittance analogue à celle qui leur a été déjà remise lors de leur première souscription.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

TABLE DES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS

FRANCE

BULLETIN DES COURS

BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

TABLE DES AUTEURS

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

A

D

Q

R

S

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2

